

**REGULADOR SEMAFÓRICO**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y FUNCIONALES**

**Barcelona, mayo 2008**



## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1	ANTECEDENTES .....	10
1.2	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES .....	10
1.3	OTRAS CONSIDERACIONES.....	11
1.4	HOMOLOGACIÓN DE LOS EQUIPOS .....	11
<b>2</b>	<b>ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA APLICABLE .....</b>	<b>15</b>
3.1	NORMATIVA ESPAÑOLA ESPECÍFICA DE SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN DE TRÁFICO...	15
3.2	NORMATIVA EUROPEA. MARCADO CE .....	15
<b>4</b>	<b>COMPONENTES PRINCIPALES .....</b>	<b>17</b>
4.1	ARMARIO.....	17
4.2	ARQUITECTURA DEL REGULADOR.....	18
4.3	UNIDAD CENTRAL .....	18
4.3.1	Watch-Dog.....	18
4.3.2	Memoria de parámetros.....	19
4.4	ALIMENTACIÓN.....	19
4.4.1	Aspectos generales .....	19
4.4.2	Acometida eléctrica .....	20
4.4.3	SAI (opcional) .....	21
4.4.3.1	Aspectos generales .....	21
4.4.3.2	Autonomía .....	22
4.4.3.3	Interfaz.....	22
4.5	RELOJ GPS (OPCIONAL).....	23
4.6	RELOJ DCF77 (OPCIONAL) .....	23

4.7	ENTRADAS DIGITALES .....	23
4.7.1	Entradas para detectores y pulsadores .....	23
4.7.2	Entradas auxiliares .....	24
4.8	SALIDAS PARA CONTROL DE GRUPOS .....	25
4.8.1	Interruptor de salida a unidades ópticas .....	25
4.8.2	Circuitos de gobierno de las salidas .....	25
4.8.3	Circuitos de comprobación de las salidas.....	26
4.9	SINCRONISMO (COORDINACIÓN POR CABLE).....	26
4.9.1	Receptor de sincronismo .....	26
4.9.2	Emisor de sincronismo .....	26
4.10	LLAVE DE GUARDIA.....	27
4.11	COMUNICACIONES.....	29
4.12	MODULARIDAD .....	29
<b>5</b>	<b>FUNCIONES DE CONTROL DE TRÁFICO .....</b>	<b>31</b>
5.1	MODOS DE FUNCIONAMIENTO Y DE CONTROL .....	31
5.2	CAPACIDAD Y ELEMENTOS PROGRAMABLES .....	32
5.2.1	Diagrama simplificado de datos.....	32
5.2.2	Tipos de salida.....	32
5.2.2.1	Grupos semafóricos.....	32
5.2.2.2	Grupos de mando directo .....	33
5.2.3	Codificación de Colores.....	33
5.2.4	Etapas .....	35
5.2.5	Fases.....	35
5.2.6	Transiciones .....	36

5.2.7	Estructuras .....	38
5.2.8	Planes almacenados .....	38
5.2.9	Plan externo .....	41
5.2.10	Días singulares del año .....	41
5.2.11	Programa semanal .....	42
5.3	PROCEDIMIENTOS DE COORDINACIÓN .....	42
5.3.1	Coordinación relativa o Sincronización .....	43
5.3.1.1	Método de sincronización .....	43
5.3.1.2	Pérdida y recuperación de sincronismo. ....	43
5.3.2	Coordinación absoluta respecto a una referencia horaria .....	43
5.4	PROCEDIMIENTO DE RESINCRONIZACIÓN .....	44
5.4.1	Introducción .....	44
5.4.2	Componentes temporales.....	44
5.4.3	Situación de cambio .....	45
5.4.4	Validez genérica del algoritmo.....	45
5.4.5	Casos particulares .....	46
5.4.6	Algoritmo en el regulador: método abrupto.....	46
5.5	COMPONENTES DE GESTIÓN DEL TIEMPO EN EL REGULADOR .....	46
5.6	MÉTODOS DE CONTROL POR EL ORIGEN DE LAS ÓRDENES.....	48
5.7	ACTUACIÓN POR EL TRÁFICO Y DEMANDAS EXTERNAS.....	49
5.7.1	Tipos de fases definidas .....	50
5.7.2	Planes actuados .....	50
5.7.3	Entradas para accionamiento .....	51
5.7.4	Secuencia de fases prioritaria .....	51

5.8	ALARMAS.....	52
5.8.1	Generación .....	52
5.8.2	Transmisión .....	52
5.8.3	Reacción del regulador .....	52
5.9	TRATAMIENTO DE LAS SALIDAS .....	53
5.9.1	Estado general de las salidas .....	53
5.9.2	Cambio de estado.....	54
5.9.3	Luminosidad atenuada (Dimming) .....	54
5.9.4	Calibrado .....	55
5.9.5	Detección de anomalías .....	55
5.9.5.1	Fallo de unidad óptica.....	55
5.9.5.2	Movimientos incompatibles.....	56
5.9.5.3	Rojo ausente.....	57
5.9.5.4	Diferencia en salidas a grupos.....	57
5.9.5.5	Medida de la corriente diferencial por grupos (Opcional) .....	57
5.10	TRATAMIENTO DE LAS ENTRADAS DIGITALES .....	58
5.10.1	Entradas de los detectores .....	58
5.10.2	Entradas auxiliares .....	58
5.11	PROGRAMACIÓN .....	58
5.12	PRIORIDAD TRANSPORTE PÚBLICO .....	59
5.13	CORREDORES DE BOMBEROS .....	59
5.14	COMPATIBILIDAD CON EQUIPOS EXISTENTES .....	60
<b>6</b>	<b>INTERFASES DEFINIDAS.....</b>	<b>61</b>
6.1	INTERFAZ CON EL SEMÁFORO .....	61
6.2	INTERFAZ CON EL CENTRO DE CONTROL Y EL DISPOSITIVO PORTÁTIL.....	61

---

<b>ANEXO A INTERFAZ REGULADOR-SEMÁFORO.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO B GLOSARIO Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>67</b>
B.1 - GLOSARIO .....	67
B.2 - ACRÓNIMOS .....	72
<b>ANEXO C NORMATIVAS DE REFERENCIA.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO D PROTOCOLO DE COMUNICACIONES.....</b>	<b>79</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Asignación de las entradas auxiliares .....	24
Tabla 2: Modularidad .....	30
Tabla 3: Salidas de grupo activas .....	33
Tabla 4: Códigos de colores .....	34
Tabla 5: Etapas .....	35
Tabla 6: Fases .....	36
Tabla 7: Transiciones .....	36
Tabla 8: Transiciones (modo ampliado) .....	37
Tabla 9: Transitorios (modo ampliado) .....	38
Tabla 10: Estructuras.....	38
Tabla 11: Planes almacenados .....	40
Tabla 12: Plan externo .....	41
Tabla 13: Días singulares .....	42
Tabla 14: Programa semanal .....	42
Tabla 15: Período de las intermitenciass.....	47
Tabla 16: Tipos de fases.....	50
Tabla 17: Estado de las salidas .....	54
Tabla 18: Movimientos incompatibles.....	56
Tabla 19: Condiciones de operación en estado estable. Datos a semáforo.....	64
Tabla 20: Procedimiento de conexión (iluminación). Datos a semáforo .....	65
Tabla 21: Procedimiento de desconexión. Datos a semáforo .....	66
Tabla 22: Glosario .....	67
Tabla 23: Acrónimos .....	72



## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Regulador semafórico sin SAI .....	13
Figura 2. Regulador semafórico con SAI .....	13
Figura 3. Arquitectura del regulador semafórico.....	18
Figura 4. Protección de magnetotérmico y diferencial rearmables .....	20
Figura 5. Protección de magnetotérmicos y diferenciales rearmables en caso de instalación con SAI. ....	21
Figura 6. Esquema llave de guardia normal.....	28
Figura 7. Esquema llave de guardia con control manual de fase .....	28
Figura 8. Diagrama simplificado de datos .....	32
Figura 9. Ejemplo de resincronización .....	45
Figura 10: Operación según origen del control .....	48
Figura 11. Cambio de estado por presencia de alarmas .....	53

# 1 Introducció

## 1.1 Antecedentes

En la ciudad de Barcelona hay actualmente más de un millar y medio de cruces semaforizados, con sus reguladores locales. Los requerimientos de fiabilidad y de comunicación con el Centro de Control, así como su interoperabilidad, hacen necesaria la definición de sus características y funcionalidades básicas, tal como se detalla en este Pliego.

En el marco de la corriente normalizadora europea actual y tomando en consideración las necesidades detectadas en los reguladores de la ciudad, desde el Ayuntamiento de Barcelona se definen estas especificaciones técnicas con el objetivo de incorporar nuevas prestaciones y revisar y estandarizar las funcionalidades existentes.

## 1.2 Características principales

- **Tecnología LED.** Se establece como estándar para las nuevas instalaciones los focos de LEDs, con un consumo muy inferior a las lámparas de incandescencia y una vida útil superior. Estos focos estarán alimentados por el regulador a 42V en corriente alterna.
- **Luminosidad reducida.** Los reguladores contarán con la posibilidad de atenuar la luz de los semáforos que controlan para evitar deslumbramientos y reducir el consumo de energía.
- **Alimentación ininterrumpida (opcional).** El regulador podrá tener un SAI para mantener al cruce en completo funcionamiento durante cortes del suministro eléctrico.
- **Puesta en hora mediante GPS o emisora horaria DCF77 (opcionales)** El regulador admitirá la conexión de un GPS o un receptor DCF77 para mantener en hora el reloj interno.

### 1.3 Otras consideraciones

Además, este documento servirá para normalizar las interfaces del regulador, tanto con el semáforo (ver 6.1, Interfaz con el semáforo), definiendo los procedimientos para el uso de unidades ópticas de diferentes tipos y la detección de unidades inactivas, como con el Centro de Control (ver ANEXO D, Protocolo de Comunicaciones)

### 1.4 Homologación de los equipos

Se implantará un proceso abierto de homologación de los reguladores a través de una tercera entidad independiente que facilitará la concurrencia y dará garantías al Ayuntamiento sobre los equipos a instalar. Las pruebas que serán necesarias para obtener el certificado de homologación están descritas en el documento:

*Regulador semafórico*

*Pruebas de homologación*

Paralelamente el Ayuntamiento de Barcelona expedirá un certificado que valide el cumplimiento de las funcionalidades detalladas en este documento en el nuevo regulador, sin que ello exima al proveedor de cumplir rigurosamente lo especificado en este documento. Para ello se deberán presentar al Ayuntamiento los equipos necesarios para ser sometidos a las pruebas funcionales que la administración considere necesarias.

A partir de ese momento, los únicos reguladores que podrán ser instalados en Barcelona serán aquellos que acrediten estar homologados por un laboratorio independiente, y que dispongan del certificado del Ayuntamiento de Barcelona que valide el cumplimiento de las funcionalidades exigidas.

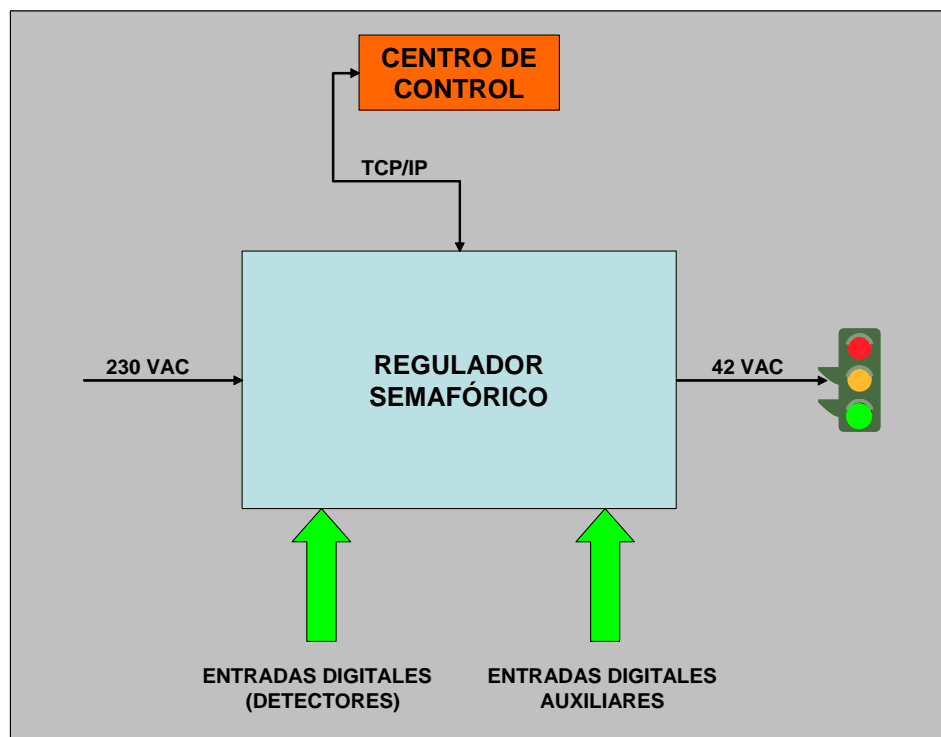
## 2 Alcance y justificación de la especificación

Los avances producidos últimamente en los campos de la electrónica y de las telecomunicaciones, entre otros, han originado en todo el mundo un proceso de revisión de las tecnologías utilizadas tanto en los sistemas de control como en los equipos de señalización de tráfico.

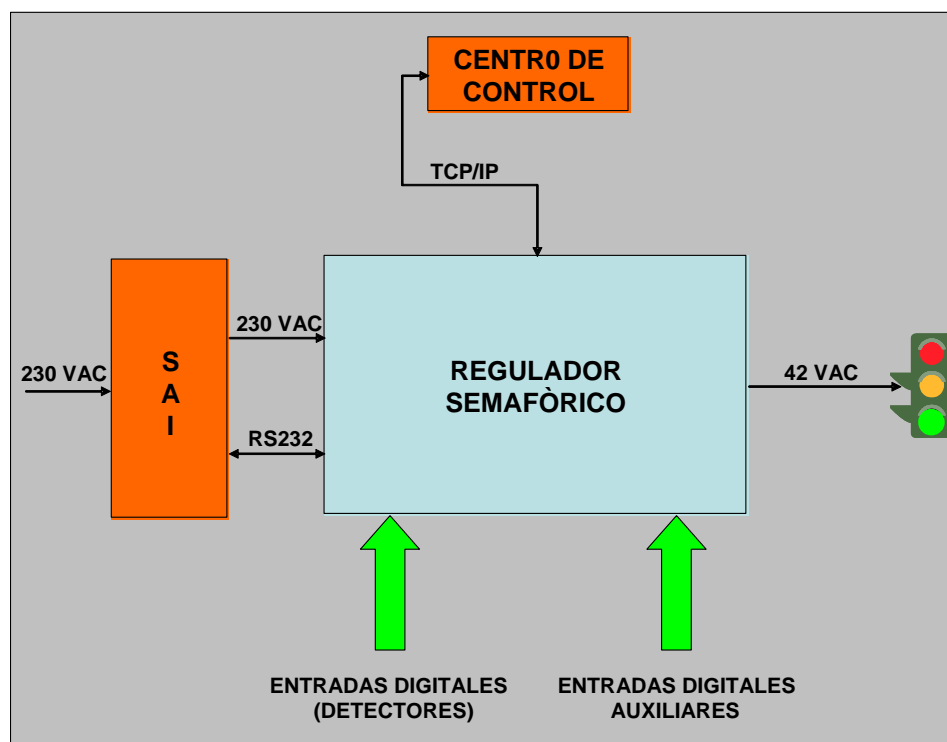
Concretamente, en Europa la CENELEC ha trabajado en la adaptación de la normativa europea en las señales de tráfico de LEDs, tomando especialmente como referencias la interfaz OCIT (*Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems*) propuesta por el consorcio alemán ODG, y la que ASTRIN (*Associations of Traffic Industries in the Netherlands*) ha definido para los Países Bajos. Esta nueva normativa surge de la necesidad de tratar características técnicas específicas de los semáforos de LEDs que no están descritos en los estándares disponibles actualmente, y tiene como principal objetivo el establecimiento de un conjunto mínimo de requerimientos que permita la verificación independiente de reguladores y semáforos. De esta forma se podrá garantizar la interoperabilidad de los productos que cumplan la nueva normativa, aunque provengan de suministradores diferentes.

La migración de las lámparas actuales de incandescencia a los nuevos focos basados en tecnología LED se justifica básicamente por el ahorro energético y por la reducción de costos de mantenimiento asociados a la nueva tecnología. Además, la reducción del consumo energético posibilita que el regulador y los semáforos se puedan alimentar mediante un SAI, durante un cierto periodo de tiempo, en caso de caída del suministro eléctrico.

Los diagramas siguientes (Figura 1 y Figura 2) presentan las dos variantes previstas de instalación, la primera con el regulador trabajando en solitario, mientras que la segunda cuenta con la adición de un SAI, para apoyo en tensión ante caídas. Ambas situaciones se darán en la ciudad, quedando la instalación de SAI a criterio del Ayuntamiento.



*Figura 1: Regulador semafórico sin SAI*



*Figura 2. Regulador semafórico con SAI*

En este pliego están especificados:

- El regulador semafórico
- El SAI
- Las interfaces del regulador con los semáforos, el Centro de Control y el SAI
- La lógica de tratamiento de las señales de los detectores
- El protocolo de comunicaciones entre el regulador y el Centro de Control

Expresamente no se desea determinar:

- Las especificaciones funcionales de los semáforos
- El comportamiento del Centro de Control
- Las especificaciones de los detectores (de espiras, microondas, infrarrojos, etc.) y de sus interfases correspondientes, es decir, del conjunto de elementos físicos y lógicos que transforman la señal eléctrica generada por los detectores, en señales digitales que se dirigen al regulador

## 3 Normativa aplicable

### 3.1 Normativa española específica de sistemas de señalización de tráfico

La normativa básica española se encuentra recogida en las normas **UNE 135401** (*Equipamiento para la señalización vial – Reguladores de tráfico*) que incluyen:

- UNE 135401-1 EX Características funcionales
- UNE 135401-2 EX Métodos de prueba
- UNE 135401-3 Características eléctricas
- UNE 135401-5 IN Protocolo de comunicaciones, tipo V
- UNE 135401-6 Compatibilidad electromagnética<sup>1</sup>

### 3.2 Normativa europea. Mercado CE

Es obligatorio el mercado CE, por medio del cumplimiento de las directivas 89/336/CE y 72/23/CE y de las normas armonizadas bajo estas directivas.

Como normativa aplicable hemos de señalar:

- UNE-EN 60950-1:2003: *Seguridad de los equipos de tecnología de la información*
- IEC 60950-22:2005 *Seguridad de equipos de uso exterior*
- UNE-EN 61000-3-2 *Límites de emisión armónica*
- UNE-EN 61000-3-3 / A1 *Límites de flicker y fluctuaciones de tensión*
- UNE-EN 50293:2001: *Compatibilidad electromagnética. Sistemas de señalización del tráfico por carretera. Norma de producto*

---

<sup>1</sup> Adaptación de la norma europea UNE-EN 50293

Adicionalmente, a nivel europeo se aplican las normativas siguientes:

- UNE-EN 12368:2000: *Equipos de control de tráfico. Cabezas de semáforo*<sup>2</sup>
- UNE-EN 12675:2001: *Semáforos. Requisitos funcionales de seguridad*

y el documento de armonización:

- UNE-HD 638:2001: *Sistemas de señalización del tráfico viario*

que conforma la parte electrotécnica de las normas EN 12368 i EN 12675.

En otro orden de cosas, el regulador semafórico y todos sus componentes opcionales (equipos de SAI, por ejemplo) deberán cumplir la Ordenanza General del Medio Ambiente Urbano de 26 de marzo de 1999 y en concreto el título referido a contaminación acústica.

En el ANEXO C se presenta una relación detallada de normas aplicables.

---

<sup>2</sup> Será anulada por PNE-prEN 12368



## 4 Componentes principales

### 4.1 Armario

El regulador, y en su caso el SAI opcional, serán suministrados en un armario resistente a la corrosión con un acabado exterior de color gris RAL 7001 que presente propiedades anti-graffiti.

El conjunto deberá superar las pruebas de resistencia ambiental descritas en la norma UNE 135401-2 EX<sup>3</sup> y las de compatibilidad electromagnética prescritas por la norma de producto EN 50293<sup>4</sup>, con los grados de severidad determinados por el documento *Regulador semafórico. Pruebas de homologación*.

El equipo ha de estar plenamente operativo en el rango de temperatura exterior comprendido entre -10°C y +55°C, por lo que deberá disponer de los mecanismos necesarios, dotados de filtros de protección, para que la temperatura interior no sobrepase la tolerada por los componentes, así como para que no se produzca condensación.

El regulador dispondrá de un termostato de control de la temperatura del interior del armario. En caso de que ésta supere la establecida por el termostato, se enviará una alarma de temperatura al Centro de Control y se procederá a apagar las unidades ópticas.

El armario dispondrá de un detector de puerta abierta que irá conectado a una entrada auxiliar.

El armario dispondrá de una cerradura con llave universal para todos los reguladores que habilitará un sistema de apertura o cierre más robusto (manecilla), no pudiendo ser éste un cierre habitual con llave allen, cuadrete o triángulo.

El interior estará convenientemente compartimentado facilitando la instalación, conexión y mantenimiento e irá montado sobre basamento de hormigón, no inferior a los 30 cm de altura.

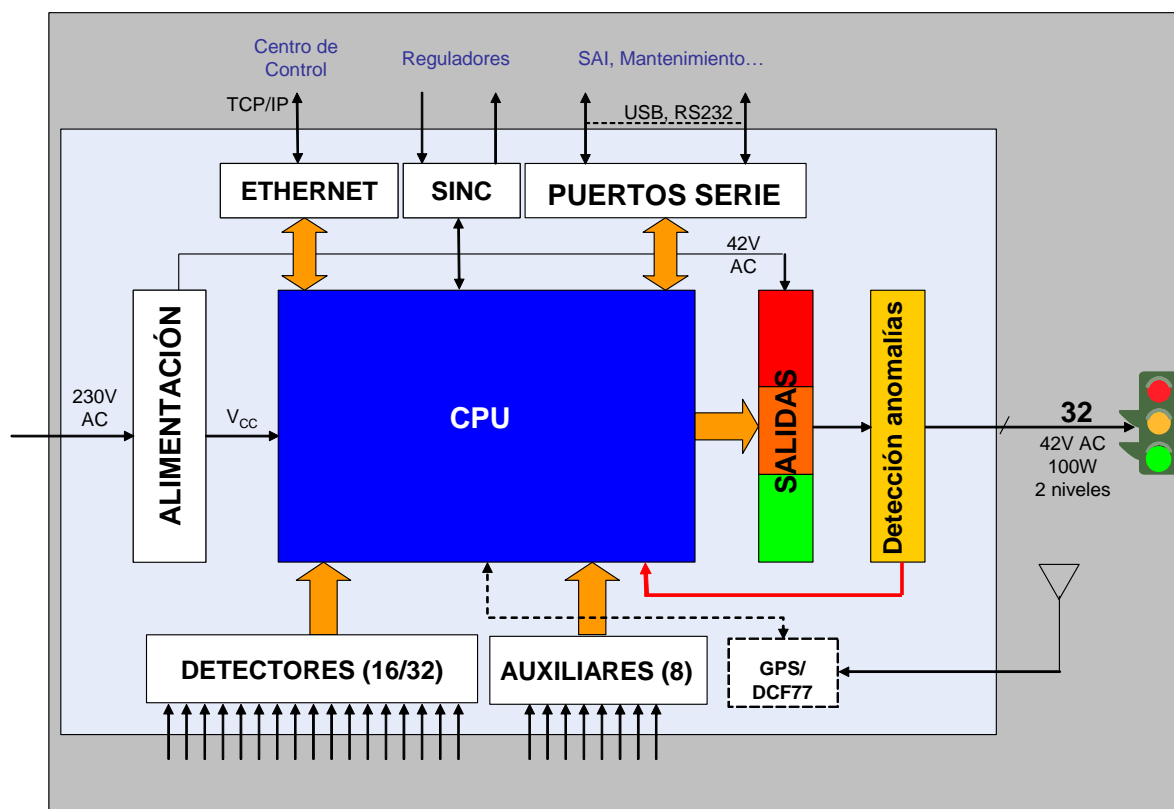
---

<sup>3</sup> Equipamiento para señalización vial. Reguladores de tráfico. Métodos de prueba

<sup>4</sup> Compatibilidad electromagnética. Sistemas de señalización de tráfico por carretera.

## 4.2 Arquitectura del regulador

La figura siguiente presenta un diagrama de la arquitectura del regulador.



*Figura 3. Arquitectura del regulador semafórico*

A continuación se describen las características de cada módulo.

## 4.3 Unidad central

### 4.3.1 Watch-Dog

La unidad central del regulador tendrá un sistema de vigilancia "watch-dog timer" de modo que,

- Efectúe un *Reset* del equipo si pasa un tiempo sin ser activado por el programa
- Envíe una Alarma de reset al finalizar la reinicialización debida a su actuación

### **4.3.2 Memoria de parámetros**

El regulador almacenará los parámetros en memoria no volátil (por ejemplo, memoria Flash) y no fácilmente extraíble.

La integridad de los parámetros estará garantizada mediante un código CRC. El fallo del CRC originará una alarma y el apagado del cruce.

## **4.4 Alimentación**

### **4.4.1 Aspectos generales**

El regulador se alimentará a la tensión nominal de 230 VAC (directamente de la acometida eléctrica o a través de un SAI opcional) y deberá funcionar correctamente dentro del rango de tensiones de entrada de 184 VAC a 265 VAC (230 VAC, +15% - 20%). El fabricante podrá optar por garantizar un correcto funcionamiento dentro de un rango de tensiones más amplio. La fuente de alimentación del regulador será la encargada de suministrar las tensiones necesarias para el funcionamiento de la electrónica y los 42 VAC para la alimentación de los semáforos.

En lo que se refiere a microcortes de tensión, el sistema se clasificará como Clase E1, según lo especificado por la norma UNE 135401-2 E. Por tanto, microcortes de duración inferior a 50 ms no deberán afectar el Modo de Control del sistema, mientras que en el caso de que la duración del corte sea superior a 300 ms el sistema deberá apagar los semáforos e iniciar una secuencia de puesta en marcha.

Si la tensión de alimentación queda por debajo de la tensión mínima de funcionamiento garantizada por el fabricante (que en ningún caso podrá ser superior a 184 VAC), el regulador enviará una alarma al Centro de Control y procederá a apagar las salidas. Para garantizar un funcionamiento estable, el regulador sólo volverá a entrar en servicio, iniciando una secuencia de puesta en marcha, cuando la tensión de alimentación supere el umbral de 195 VAC (230VAC -15%).

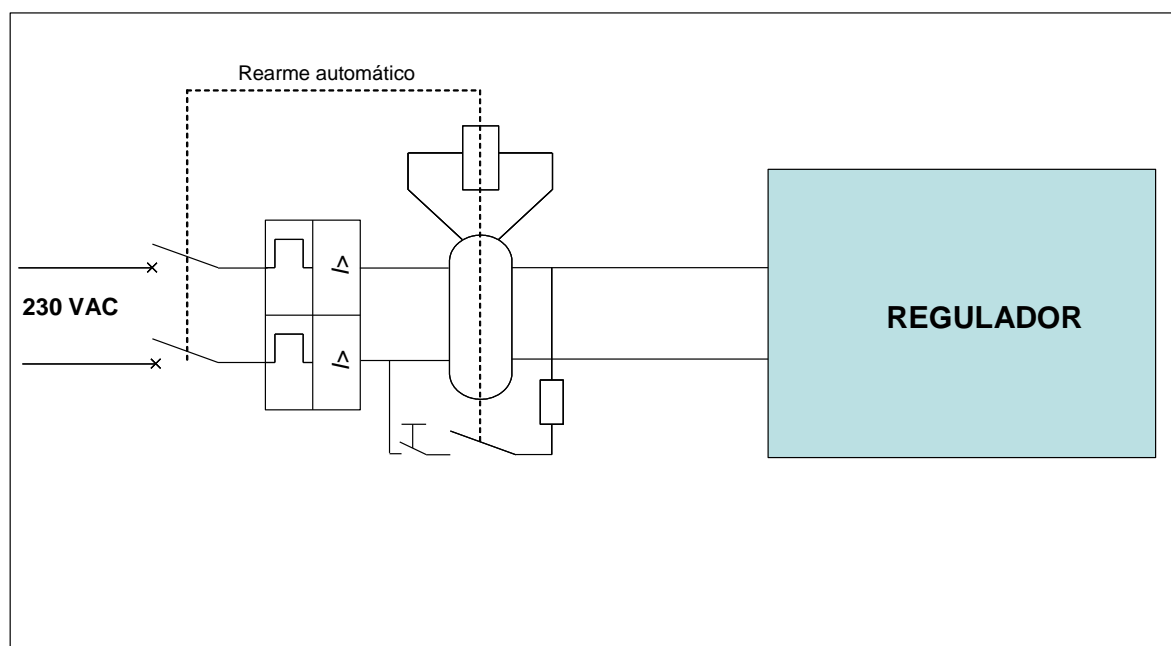
Si la tensión de alimentación queda por encima de la tensión máxima de funcionamiento garantizada por el fabricante (al menos 265 VAC) el equipo no deberá presentar ninguna señalización insegura ni sufrir otros daños que los relativos a los dispositivos de protección.

El regulador dispondrà de mecanismes de lectura de la tensió de la acometida elèctrica. En caso de que ésta quede fuera de un rango configurable establecido desde el Centro de Control (que no tiene necesariamente que coincidir con el rango admisible), se enviará una alarma al Centro de Control, con indicación del valor actual de la tensión de alimentación. El algoritmo de generación de avisos de entrada y salida de la zona de alarma de tensión de alimentación deberá tener en cuenta una cierta histéresis para evitar el envío de múltiples avisos en cortos periodos de tiempo.

#### 4.4.2 Acometida elèctrica

El regulador debe ser resistente a las situaciones elèctricas especificadas.

Deberá incorporar interruptores magnetotérmico y diferencial monobloc con rearme automático (Ver Figura 4).



***Figura 4. Protección de magnetotérmico y diferencial rearmables***

La resistencia especificada frente a las perturbaciones elèctricas se puede obtener,

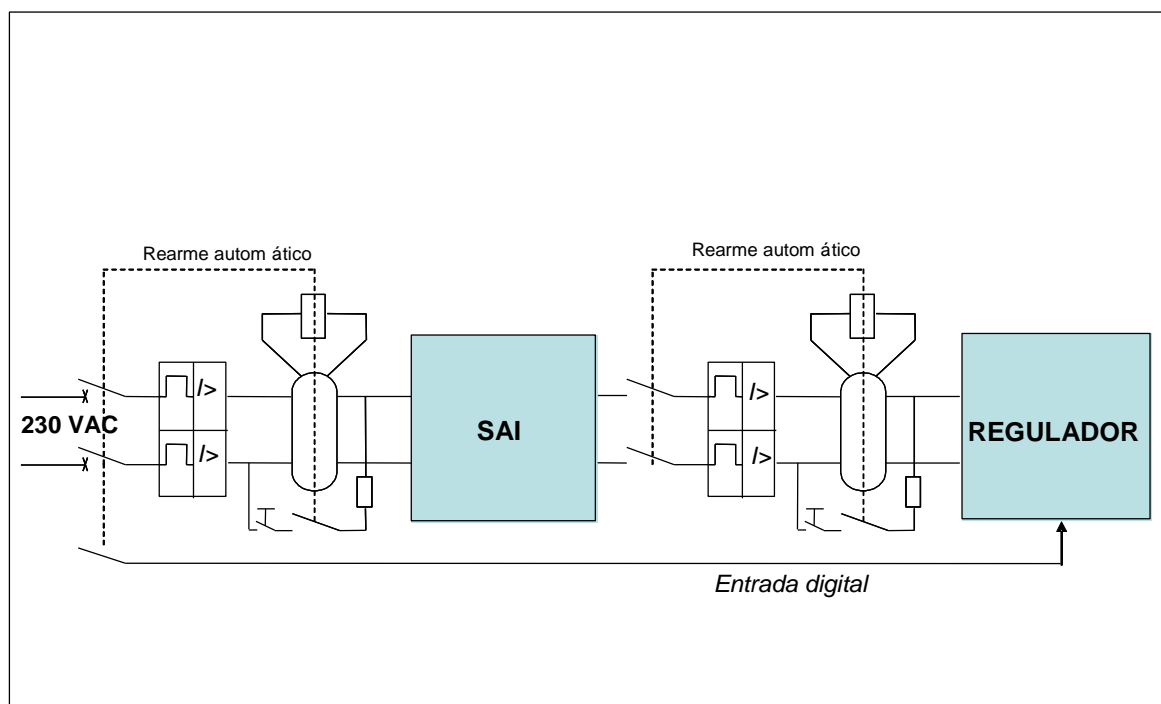
- por diseño
- empleando descargadores
- mediante una adecuada combinación de los métodos anteriores

Cuando se utilicen descargadores, éstos deberán tener un contacto libre de potencial indicativo de su disponibilidad, que se conectará a una entrada auxiliar del regulador.

#### 4.4.3 SAI (opcional)

##### 4.4.3.1 *Aspectos generales*

El regulador podrá incorporar un SAI del tipo llamado ON LINE o de doble conversión, conectado en serie entre la acometida eléctrica y el regulador. En este caso, deberán disponerse interruptores magnetotérmico y diferencial monobloc con rearme automático entre el SAI y el regulador, y entre la acometida eléctrica y el SAI, con el objetivo de garantizar la seguridad en cada etapa del circuito de alimentación. Éste último interruptor tendrá un contacto libre de potencial para su conexión a una de las entradas auxiliares del regulador. (Ver Figura 5).



**Figura 5. Protección de magnetotérmicos y diferenciales rearmables en caso de instalación con SAI.**

El SAI tendrá tres modos de funcionamiento:

- **Modo normal**, cuando exista suministro eléctrico normal. El regulador se alimenta a través de la combinación rectificador/cargador - inversor.

- **Modo local**, cuando ha caído el suministro eléctrico. El regulador se alimenta a través de la batería y el inversor, hasta que el suministro se restablece o hasta que el nivel de carga de la batería cae por debajo de un umbral, en cuyo caso el regulador enviará una alarma al Centro de Control
- **Modo de *bypass***. El regulador se alimenta directamente del suministro eléctrico.

#### 4.4.3.2 Autonomía

El SAI deberá ser capaz de alimentar en plenas condiciones de funcionamiento y constantemente al conjunto regulador-semáforos, y opcionalmente a los detectores, a lo largo de toda la vida del SAI, durante:

- 2 horas en luminosidad plena
- 3 horas en luminosidad atenuada

El suministrador indicará la potencia máxima del SAI que permite el armario del regulador.

Deberá ser posible ampliar el sistema mediante un módulo exterior complementario, para:

- Instalar un SAI con mayor autonomía, en caso de que la potencia del SAI interno sea insuficiente para el cruce.
- Instalar una batería de mayor capacidad, en caso de que la batería interna no pueda garantizar la autonomía necesaria para un determinado cruce.

El conjunto del SAI más regulador en pleno funcionamiento, deberá cumplir con la Ordenanza General del Medio Ambiente del Ayuntamiento de Barcelona.

#### 4.4.3.3 Interfaz

La comunicación regulador - SAI se efectuará mediante dos contactos libres de potencial y opcionalmente a través de un puerto RS-232.

A través de este puerto, el SAI informará al regulador, y éste al Centro de Control, de:

- Fallo y restablecimiento del suministro eléctrico.
- Nivel de carga de la batería inferior a un determinado umbral.

#### 4.5 Reloj GPS (opcional)

Opcionalmente, el reloj interno del regulador podrá sincronizarse mediante un reloj GPS. Se trata de un componente físico que proporciona la hora GMT<sup>5</sup>.

La antena GPS no debe estar cubierta por material absorbente en la banda L (10.23Mhz).

#### 4.6 Reloj DCF77 (opcional)

Opcionalmente, el reloj interno del regulador podrá sincronizarse mediante un receptor DCF77. Se trata de un componente físico, basado en la transmisión de la hora legal<sup>6</sup> efectuada por la emisora DCF77.

La antena estará situada de modo que permita una buena recepción en la banda de 77,5 kHz.

#### 4.7 Entradas digitales

##### 4.7.1 Entradas para detectores y pulsadores

El regulador dispondrá al menos de 8 entradas digitales para detectores y pulsadores, activadas mediante contactos libres de tensión.

- Cada entrada tendrá aislamiento galvánico. El fabricante deberá declarar los valores de impedancia de entrada, los umbrales de tensión alta y baja (que deberán quedar dentro de los límites definidos por la norma española 135401-2) y los valores máximos de sobretensión admitidos.
- Cada entrada podrá utilizarse indistintamente para detector o para pulsador.
- Las entradas asignadas a un detector acumularán como mínimo conteo y tiempo de ocupación.
- Cualquier entrada - detector o pulsador - puede ser usada en planes actuados

---

<sup>5</sup> En sentido estricto proporciona la hora GPS. La precisión requerida en esta aplicación permite asimilarla a la hora GMT

<sup>6</sup> UTC(PTB)+1h o UTC(PTB)+2h. La emisión está a cargo del PTB, *Physikalisch-Technische Bundesanstalt*, que tiene contratada la emisora de Mainflingen hasta el 2006. Este contrato tiene muchas probabilidades de ser renovado.

- Se podrán definir detectores virtuales como combinaciones lógicas de detectores físicos y virtuales.

#### 4.7.2 Entradas auxiliares

El regulador dispondrá al menos de 8 entradas auxiliares, activadas mediante contactos libres de tensión.

- Cada entrada tendrá aislamiento galvánico. El fabricante deberá declarar los valores de impedancia de entrada, los umbrales de tensión alta y baja (que deberán quedar dentro de los límites definidos por la norma española 135401-2) y los valores máximos de sobretensión admitidos.
- El regulador leerá el estado de las entradas auxiliares una vez por segundo y tratará los cambios de estado como alarmas. (Ver 5.8)
- Se podrá consultar el estado de las entradas auxiliares utilizando las directivas previstas en el protocolo.

Las entradas auxiliares inicialmente asignadas son:

<i>Tabla 1: Asignación de las entradas auxiliares</i>		
ID	ENTRADA	DESCRIPCIÓN (valor lógico de la entrada: 1)
1	Magnetotérmico-diferencial monobloc	Interruptor abierto
2	Termostato	Alarma de temperatura en el interior del armario
3	Puerta abierta Armario	
4	Descargador	Descargador consumido (cuando el regulador utilice este componente)
5	Sincronismo	
6	Llave de guardia intermitente	
7	Llave de guardia manual	
8	<Sin asignar>	



## 4.8 Salidas para control de grupos

### 4.8.1 Interruptor de salida a unidades ópticas

El regulador dispondrá de un interruptor general de 2 posiciones con la siguiente funcionalidad:

- **Posición normal.** Cuando el interruptor está en posición normal, el estado de las señales de salida a semáforos corresponderá a las órdenes dadas por el regulador.
- **Posición de test.** Cuando el interruptor pase a la posición de test, el regulador entrará en estado de prueba y se realizarán las acciones siguientes:
  - Al entrar en posición de test se enviará una alarma al Centro de Control.
  - Los semáforos estarán apagados, con independencia de las órdenes que en ese momento esté dando el regulador.
  - El regulador continuará activando las salidas que correspondan al plan vigente, pero no enviará alarmas al Centro de Control.

Cuando el interruptor regrese de nuevo a la posición normal, se informará al Centro de Control y se iniciará una secuencia de puesta en marcha.

Esta funcionalidad opcionalmente podrá realizarse por orden de teclado.

### 4.8.2 Circuitos de gobierno de las salidas

Los circuitos de conmutación serán de estado sólido.

Cada grupo tendrá circuitos independientes para cada uno de los 3 colores (rojo, ámbar y verde) y cada uno de ellos podrá soportar hasta 5 unidades ópticas en paralelo.

Cada color podrá gobernar una carga de 100W y podrá estar en cortocircuito permanente sin que ello implique otro daño para el equipo que la substitución del fusible de protección.

Cada grupo puede tener 2 colores activos (Ver 5.2.3 Codificación de Colores).

El estado de cada color será Encendido o Apagado, donde el estado Encendido para el conjunto del regulador físico, podrá tener 2 niveles:

- Luminosidad plena.
- Luminosidad atenuada (*Dimming*)

La organización del cruce en grupos semafóricos quedará reflejada físicamente en:

- La modularidad de los circuitos electrónicos
- El conexionado en el armario del regulador
- La numeración e identificación de grupos y colores.

#### **4.8.3 Circuitos de comprobación de las salidas**

El regulador dispondrá de un mecanismo de lectura analógica de la tensión común de salida a las unidades ópticas. En caso de que la tensión de salida quede fuera del rango admisible (tensión nominal, +15%, -20%) se generará la correspondiente alarma, teniendo en cuenta una cierta histéresis para evitar el envío de múltiples avisos en cortos periodos de tiempo.

En cada grupo:

- Las tres salidas de colores tendrán circuitos de detección de tensión para verificar que la tensión de salida corresponde al nivel de tensión activado (iluminación plena, iluminación atenuada o apagado).
- Las tres salidas de colores tendrán circuitos de medida de intensidad

La precisión de las medidas anteriores será adecuada para detectar variaciones de consumo de 2 Watts<sup>7</sup>.

### **4.9 Sincronismo (Coordinación por cable)**

#### **4.9.1 Receptor de sincronismo**

El regulador tendrá una entrada por contacto libre de potencial para sincronización.

#### **4.9.2 Emisor de sincronismo**

El regulador dispondrá de una salida para sincronizar a otros equipos. Esta salida permitirá la creación de áreas coordinadas mediante la conexión de equipos en cascada,

La salida de sincronismo se activará cuando el regulador está en funcionamiento autónomo. En condiciones normales, se emitirá un impulso como réplica al recibido por la

---

<sup>7</sup> Esta precisión se requiere para detectar fallo en una unidad óptica. Esta situación no afecta a la seguridad. Serían aceptables por lo tanto tiempos de respuesta de uno o más ciclos.

entrada de sincronismo. En caso de ausencia de señal de entrada de sincronismo, se generará un impulso al inicio del plan.

Este mecanismo permitirá la recuperación de sincronismo por tramos en caso de ruptura del cable de sincronización.

#### 4.10 Llave de guardia

El regulador soportará la instalación de una llave para control manual. Generalmente el uso de esta llave está reservado a la Guardia Urbana.

La llave tendrá como mínimo 2 posiciones:

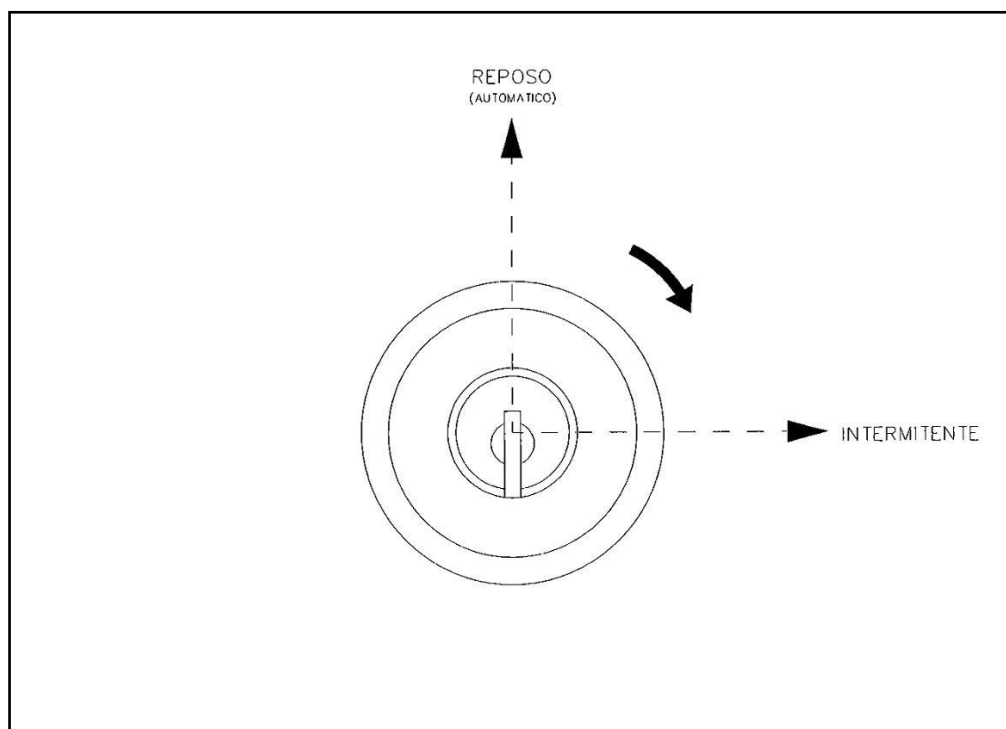
- **Reposo:** la llave no actúa sobre el regulador.
- **Intermitente:** el cruce se mantiene en intermitente, es decir, todos los focos apagados excepto los ámbares de vehículos y protección de peatones que están en intermitencia lenta.

En estas dos posiciones la llave se podrá introducir y extraer.

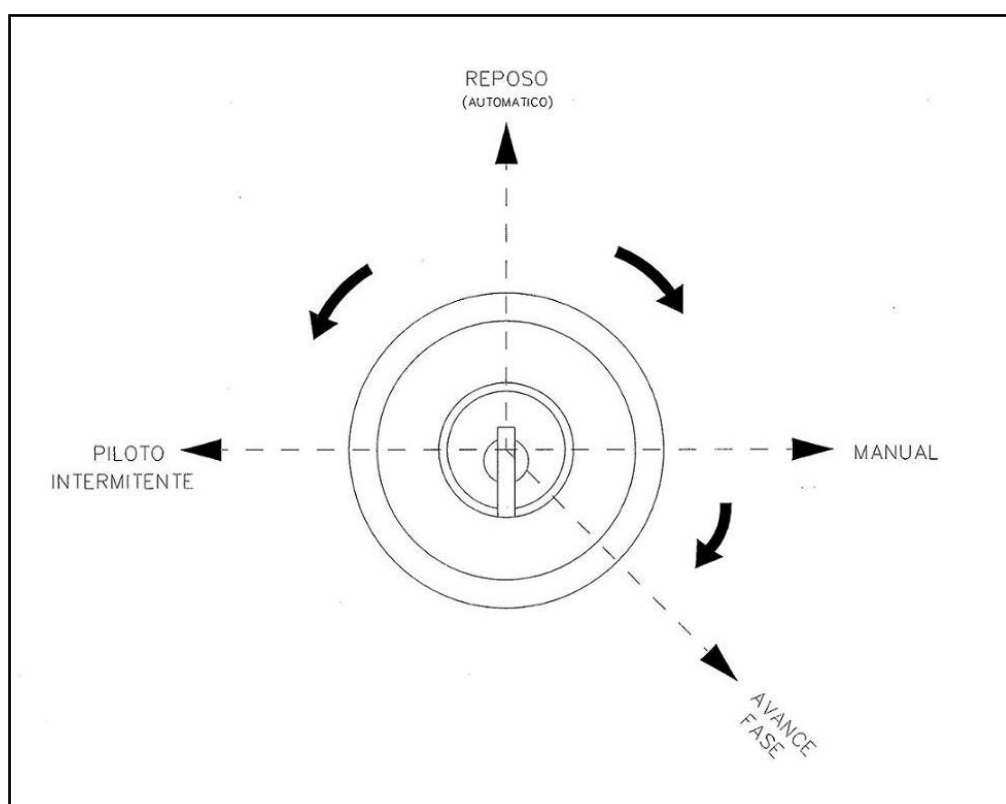
Además podrán existir dos posiciones opcionales adicionales (en sentido contrario a las posiciones fijas):

- **Control manual de fase:** el regulador mantiene estática la fase principal en curso.
- **Avance manual de fase:** el regulador avanza a la siguiente fase principal de la estructura actual, pasando por las transiciones correspondientes. Esta no es una posición estática de la llave, sino que corresponde a un "golpe de llave", y tiene retorno automático a la posición "*Control manual de fase*"

En estas dos posiciones opcionales no se podrá introducir ni extraer la llave.



**Figura 6. Esquema llave de guardia normal**



**Figura 7. Esquema llave de guardia con control manual de fase**

#### 4.11 Comunicaciones

El regulador dispondrá de:

- Un puerto Ethernet 10/100Mb. La señal de salida del regulador será de cable de cobre, y se conectará a un adaptador exterior, ubicado a nivel de bornes.
- Un puerto RS232 para la conexión de un terminal portátil de mantenimiento. Cualquier dispositivo de mantenimiento del regulador debe ser capaz de emplear este puerto. La conexión de un terminal dará aviso al Centro de Control.
- Un puerto RS232 de reserva para otros usos.
- Un puerto USB 1.1. de reserva.

#### 4.12 Modularidad

Algunos elementos del regulador deben ser modulares, facilitando su adaptación a instalaciones con diversas exigencias.

La modularidad implica que:

- Cuando una capacidad descrita en el documento no se define explícitamente como modular o como opcional, se entiende que forma parte del equipo básico.
- Cuando se define una prestación como modular, el único elemento necesario para extenderla es el módulo mismo. El equipo debe tener capacidad para alojar y gobernar los módulos adicionales sin ningún otro requisito.

Partiendo de estas exigencias se definen dos modelos de regulador:

- **Regulador Básico hasta 16 grupos semafóricos**
- **Regulador Ampliado hasta 32 grupos semafóricos**

La tabla siguiente presenta las características de modularidad que se requieren en dichos reguladores. En ella:

- **Equipo mínimo**, indica el número mínimo de señales que debe soportar el equipo en su configuración básica.
- **Capacidad prevista**, indica el número mínimo de señales que debe soportar el equipo en su configuración máxima

- **Modularidad**, indica el número de señales adicionales que se soportarán mediante la adición de un módulo.

*Tabla 2: Modularidad*

<b>Descripción</b> <b>REGULADOR BÁSICO HASTA 16G</b>	<b>Equipo mínimo</b>	<b>Capacidad prevista</b>	<b>Modularidad mínima</b> (unidades/módulo)
Grupo	8	16	2
Entrada detector o pulsador	8	16	8
Entradas auxiliares	8	16	8
<b>Descripción</b> <b>REGULADOR AMPLIADO HASTA 32G</b>	<b>Equipo mínimo</b>	<b>Capacidad prevista</b>	<b>Modularidad mínima</b> (unidades/módulo)
Grupo	8	32	2
Entrada detector o pulsador	8	32	8
Entradas auxiliares	8	32	8

A modo de ejemplo y referido al caso del Regulador Ampliado:

- En su configuración mínima el regulador debe soportar al menos 8 grupos.
- El regulador debe poder ser ampliable hasta soportar, como mínimo, 32 grupos semafóricos.
- La ampliación en el número de grupos soportado debe poder hacerse mediante la inserción de módulos de salida con capacidad para un mínimo de 2 grupos semafóricos.

## 5 Funciones de control de tráfico

### 5.1 Modos de funcionamiento y de control

El regulador puede funcionar,

- Aislado
- Formando parte de una zona coordinada

Para conseguir la coordinación puede utilizar dos procedimientos,

- Por hilos (coordinación relativa)
- Basada en reloj (coordinación absoluta)

El control de tráfico puede realizarse:

- Por avance manual de fases
- Según un plan almacenado
- Según una tabla semanal de selección de planes almacenados
- Según un plan enviado por el Centro de Control

Un plan puede tener una o varias fases del tipo:

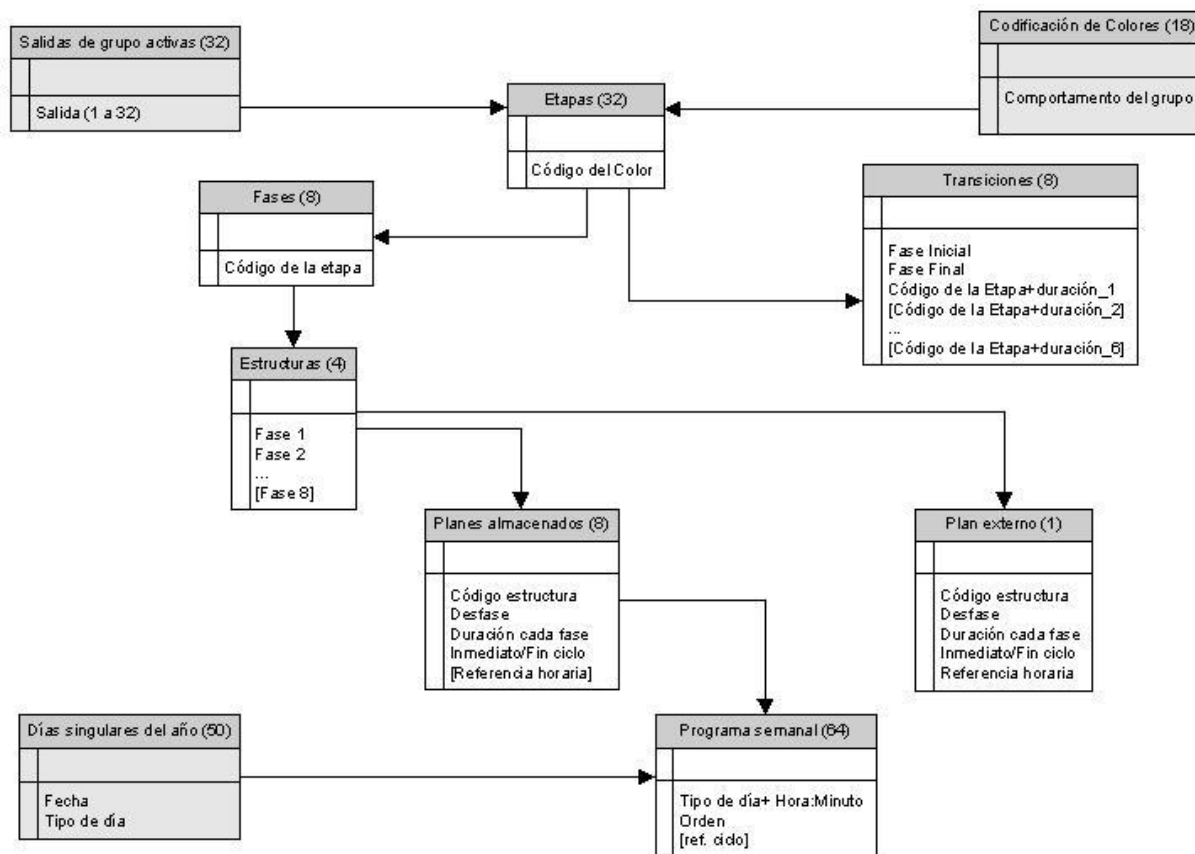
- Fase independiente de la demanda
- Fase fija de aparición condicionada a la existencia de demanda
- Fase extendida por demanda, con extensión limitada por demandas conflictivas
- Secuencia de fases prioritarias

El regulador en un instante dado puede hallarse en una de las situaciones:

- Secuencia de puesta en marcha (Modo de inicio)
- Operación correcta estable (Modo de control)
- Operación correcta en resincronización (Modo de control)
- Operación parcial por detección de alarmas (Modo de fallo)

## 5.2 Capacidad y elementos programables

### 5.2.1 Diagrama simplificado de datos



*Figura 8. Diagrama simplificado de datos*

### 5.2.2 Tipos de salida

El regulador debe poder controlar hasta 32 salidas, como mínimo, que pueden ser:

- Grupos semafóricos
- Grupos de mando directo

#### 5.2.2.1 Grupos semafóricos

El parámetro “grupos activos” define las salidas que están asignadas al control de grupos semafóricos.

Este parámetro se utiliza para,

- Identificar las salidas utilizadas por el regulador para el control semafórico



- Chequear la existencia de los módulos correspondientes

*Tabla 3: Salidas de grupo activas*

1-32

#### 5.2.2.2 Grupos de mando directo

Los grupos no asignados al control de grupos semafóricos se considerarán grupos de mando directo. Estos grupos pueden gobernar señalización adicional, y su comportamiento puede verse condicionado por la tabla de movimientos incompatibles.

### 5.2.3 Codificación de Colores

Cada grupo controla 3 salidas independientes denominadas genéricamente "Colores". Los cambios de estado de las salidas de un grupo tienen lugar siempre al mismo tiempo.

Las denominaciones *Rojo*, *Ámbar* y *Verde* no excluyen el empleo de señales que no muestren los colores mencionados (por ejemplo, señalización especial transporte urbano).

Se codifican 18 colores. La letra asignada a cada uno intenta - en los casos usuales - recordar su significado.



















Tabla 4: Códigos de colores		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	COMPORTAMIENTO
D	Apagado (Desconectado)	R
		G
		V
V	Verde fijo	R
		G
		V 
R	Rojo fijo	R 
		G
		V
A	Ámbar fijo	R
		G 
		V
P	Verde intermitencia rápida	R
		G
		V 
J	Verde fijo y ámbar intermitencia lenta	R
		G 
		V 
I	Verde intermitente rápido y ámbar intermitencia lenta	R
		G 
		V 
G	Rojo fijo y ámbar intermitencia lenta	R 
		G 
		V
F	Ámbar intermitencia lenta	R
		G 
		V
C	Verde intermitencia lenta	R
		G
		V 
N	Verde y ámbar fijo	R
		G 
		V 
S	Rojo y ámbar fijo	R 
		G 
		V
B	Rojo intermitencia lenta	R 
		G
		V
H	Rojo intermitencia rápida	R 
		G

Tabla 4: Códigos de colores		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	COMPORTAMIENTO
		V
E	Verde y ámbar intermitencia rápida	R G V
K	Verde y ámbar intermitencia lenta alternadas	R G V
Z	Rojo y ámbar intermitencia lenta alternadas	R G V

#### 5.2.4 Etapas

Las etapas asignan colores a las salidas.

Las etapas se identifican mediante la secuencia de letras: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, #, \$, %, &, @, \*.

El regulador debe permitir codificar hasta 32 etapas.

Tabla 5: Etapas	
A	Código del Color para cada grupo de tráfico
B	Código del Color para cada grupo de tráfico
...	...
*	Código del Color para cada grupo de tráfico

#### 5.2.5 Fases

El regulador debe permitir definir hasta 8 etapas como fases principales, como mínimo. El regulador tendrá un modo ampliado en el que se definen nuevas etapas para las transiciones, reservando las etapas de la A la \* para las fases.

**Tabla 6: Fases**

1	Código de la etapa
...	...
8	Código de la etapa

### 5.2.6 Transiciones

El regulador definirá las transiciones entre dos fases como una secuencia de 1 a 6 etapas y su duración. El regulador debe poder definir hasta 8 transiciones, como mínimo.

**Tabla 7: Transiciones**

1	Fase Inicial	
	Fase Final	
	1	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
	2	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
	...	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
	6	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
...	...	
	...	
	1	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
	2	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
	...	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
	6	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
8	Fase Inicial	
	Fase Final	
	1	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
	2	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
	...	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]
	6	[Código de la Etapa; duración (en segundos)]

En modo ampliado, la tabla de Transiciones es diferente (tabla 8) y además se añade otra tabla de Transitorios (tabla 9) en que se definen las nuevas etapas. En la tabla de Transiciones se hace referencia a los Transitorios.

<b>Tabla 8: Transiciones (modo ampliado)</b>		
1	Fase Inicial	
	Fase Final	
	Número de Transitorio	
	1	[Duración de la etapa (en segundos)]
	2	[Duración de la etapa (en segundos)]
	...	[Duración de la etapa (en segundos)]
	6	[Duración de la etapa (en segundos)]
...	...	
	...	
	...	
	1	[Duración de la etapa (en segundos)]
	2	[Duración de la etapa (en segundos)]
	...	[Duración de la etapa (en segundos)]
	6	[Duración de la etapa (en segundos)]
8	Fase Inicial	
	Fase Final	
	Número de Transitorio	
	1	[Duración de la etapa (en segundos)]
	2	[Duración de la etapa (en segundos)]
	...	[Duración de la etapa (en segundos)]
	6	[Duración de la etapa (en segundos)]

**Tabla 9: Transitorios (modo ampliado)**

1	Número de Transitorio	
	1	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
	2	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
	...	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
	6	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
...	...	
	1	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
	2	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
	...	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
	6	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
8	Número de Transitorio	
	1	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
	2	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
	...	[Código del Color para cada grupo de tráfico]
	6	[Código del Color para cada grupo de tráfico]

### 5.2.7 Estructuras

El regulador define las estructuras como secuencias de 2 a 8 fases.

El regulador puede tener definidas hasta 4 estructuras como mínimo.

**Tabla 10: Estructuras**

1	Fase 1, fase 2, [fase 3, ] [fase 4] [fase 5] [fase 6] [fase 7] [fase 8]
...	...
4	Fase 1, fase 2, [fase 3, ] [fase 4] [fase 5] [fase 6] [fase 7] [fase 8]

### 5.2.8 Planes almacenados

El regulador tendrá una tabla con capacidad para 8 planes, como mínimo.

Cada plan está formado por

- Código de la estructura
- Desfase en segundos
- Duración de cada fase en segundos
- 1= Entrada inmediata / 0= Espera a fin de ciclo
- Referencia horaria (opcional)

La ausencia de referencia horaria implica la utilización de la primera referencia anterior programada

**Tabla 11: Planes almacenados**

1	Código de la estructura	
	Desfase (SS)	
	1	Duración de la fase 1, SS
	2	Duración de la fase 2, SS
	3	[Duración de la fase 3, SS]
	i	[Duración de la fase i, SS]
	8	[Duración de la fase 8, SS]
	1= Entrada inmediata / 0= Espera a fin de ciclo	
	[Referencia horaria HH:MM:SS]	
...	Código de la estructura	
	Desfase, SS	
	1	Duración de la fase 1, SS
	2	Duración de la fase 2, SS
	3	[Duración de la fase 3, SS]
	i	[Duración de la fase i, SS]
	8	[Duración de la fase 8, SS]
	1= Entrada inmediata / 0= Espera a fin de ciclo	
	[Referencia horaria HH:MM:SS]	
8	Código de la estructura	
	Desfase, SS	
	1	Duración de la fase 1, SS
	2	Duración de la fase 2, SS
	3	[Duración de la fase 3, SS]
	i	[Duración de la fase i, SS]
	8	[Duración de la fase 8, SS]
	1= Entrada inmediata / 0= Espera a fin de ciclo	
	[Referencia horaria HH:MM:SS]	



### 5.2.9 Plan externo

El plan externo es similar a un plan almacenado, con la particularidad de que está reservado al Centro de Control.

Está previsto para ser escrito con frecuencia y no debe estar en memoria permanente.

En el Plan externo la referencia horaria es un parámetro necesario.

El plan externo se activa a petición del Centro de Control, y entonces se hace el cambio desde el plan del modo anterior. La desactivación se hace también a petición del Centro de Control, o bien cuando pasan más de quince minutos sin refresco del plan externo. Al desactivarse, el regulador vuelve a la tabla horaria, y cambia al plan que corresponda.

**Tabla 12: Plan externo**

0	Código de la estructura	
	Desfase (SS)	
	1	Duración de la fase 1, SS
	2	Duración de la fase 2, SS
	3	[Duración de la fase 3, SS]
	i	[Duración de la fase i, SS]
	8	[Duración de la fase 8, SS]
	1= Entrada inmediata / 0= Espera a fin de ciclo	
	Referencia horaria HH:MM:SS	

### 5.2.10 Días singulares del año

Se introduce el concepto de día singular para posibilitar un funcionamiento especial en fechas especiales. El regulador tendrá una tabla de hasta 50 entradas para determinar los días singulares a lo largo del año. Se podrán codificar diferentes días singulares (por ejemplo, festivos locales, partido de fútbol, etc.)

En una fecha determinada, la definición de un tipo de día tiene prioridad sobre el día de la semana real.

**Tabla 13: Días singulares**

1	Día-mes	Hora minuto	Orden	[ref. ciclo]
		...	...	...
		Hora minuto	Orden	[ref. ciclo]
...	...	...		
50	Día-mes	Hora minuto	Orden	[ref. ciclo]
		...	...	...
		Hora minuto	Orden	[ref. ciclo]

### 5.2.11 Programa semanal

El regulador dispondrá de 7 tablas (una para cada tipo de día) de 64 entradas cada una, indicando:

- Hora (en HH:MM)
- Orden emitida (como mínimo, activación de un Plan u orden de mando directo)
- Referencia horaria del nuevo plan (el instante de inicio del verde vía principal con desfase nulo)

**Tabla 14: Programa semanal**

1	Hora minuto	Orden	[ref. ciclo]
...	...	...	...
64		Orden	[ref. ciclo]

## 5.3 Procedimientos de coordinación

Cuando esté coordinado con otros equipos —manteniendo en una zona un determinado desfase para el verde vía principal— el regulador puede operar de acuerdo con uno de los siguientes procedimientos:

- Coordinación relativa a un equipo de referencia, usualmente llamada Sincronización

- Coordinación absoluta respecto a un instante temporal objetivo (por ejemplo, a partir del martes a las 13:05).

### 5.3.1 Coordinación relativa o Sincronización

#### 5.3.1.1 Método de sincronización

En este caso los reguladores de la zona están conectados por medio de una señal de sincronismo. El equipo de cabecera - el regulador de referencia, con desfase nulo - envía un impulso al inicio de ciclo<sup>8</sup>.

Todos los equipos de la zona utilizarán un plan fijo predeterminado, incluyendo el desfase de cada cruce, modificando únicamente el instante de inicio del plan de acuerdo con la sincronización recibida.

#### 5.3.1.2 Pérdida y recuperación de sincronismo.

El sincronismo se pierde por la falta de periodicidad del impulso (por aumento o defecto) dentro de un margen de tolerancia establecido. La pérdida de sincronismo origina una alarma.

El sincronismo se adquiere al recibir establemente una señal de sincronismo de período semejante a la del plan predeterminado. Una vez comprobada la corrección de la señal, el cruce inicia un "Proceso de resincronización".

### 5.3.2 Coordinación absoluta respecto a una referencia horaria

La coordinación absoluta supone que todos los reguladores de la zona tienen la hora correcta. Para cada zona se define un instante de referencia absoluta a partir del cual se inicia la secuencia de planes. Por ejemplo, si la referencia está situada a las 0:00:00 horas de cada día y todos los planes tienen un ciclo de 1 minuto, un regulador que se incorpore a la zona sabe que el ciclo de referencia empieza a los 00 segundos de cada minuto.

Este procedimiento de coordinación requiere que los reguladores de una zona tengan los mismos cambios de ciclo durante la validez de la referencia.

---

<sup>8</sup> El inicio de ciclo se sitúa en el inicio de la transición de entrada a la fase principal

## 5.4 Procedimiento de resincronización

### 5.4.1 Introducción

En múltiples ocasiones un regulador debe implantar un nuevo plan de regulación que no está aún siendo utilizado en la regulación del cruce.

Entre otros casos se pueden mencionar,

- Puesta en servicio. Paso de semáforos apagados, a un plan previsto.
- Fin del control Manual. Paso del plan con avance de fases manual, al plan correspondiente al control sincronizado, horario o centralizado, según los casos.
- Recuperación de sincronismo (En una zona usando coordinación por hilos) Paso de la situación presente - ámbar intermitente o plan fijo sin coordinación - a un plan sincronizado.
- Paso de Sincronización por hilos a Control Central. Por recuperación de las comunicaciones o por una orden específica desde el Centro de Control. Puede significar una resincronización más un cambio de plan.
- Cambio de plan horario. Abandono del plan en curso por el nuevo establecido.
- Cambio de plan ordenado por el Centro de Control. Abandono del plan en curso por el nuevo establecido.
- Puesta en hora (cuando se utiliza coordinación horaria)

Si el regulador forma parte de una zona coordinada (tanto si la coordinación es relativa respecto a un cruce de referencia, como si la coordinación es absoluta respecto a una referencia horaria), el nuevo plan tiene los cambios de fase en instantes prefijados.

### 5.4.2 Componentes temporales

Hay dos componentes temporales distintos que intervienen en el proceso de cambio:

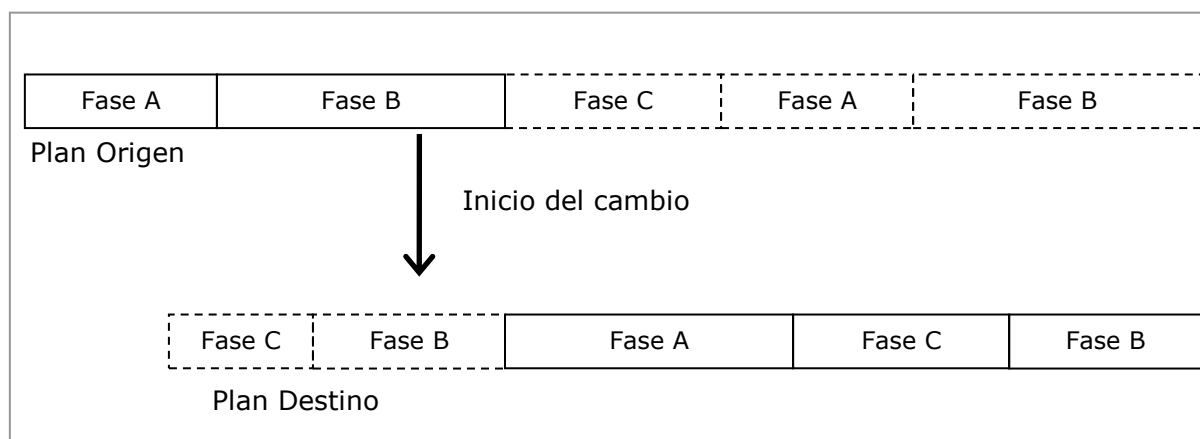
- 1) El instante en que se inicia la operación (Puede ser el evento recepción de una directiva del Centro de Control, una orden de la tabla horaria, un evento exterior como la recuperación de sincronismo, etc.)
- 2) Los instantes de cambio de cada fase del nuevo plan. Especial relieve tiene el instante de inicio ciclo, sobre el que se toma el desfase.

### 5.4.3 Situación de cambio

Entre el inicio y la implantación del plan previsto, el cruce:

- 1) No está coordinado
- 2) Se encuentra en una operación de cambio: no controlado más que por sí mismo
- 3) La duración y secuencia de las fases que se muestran en la calle, vienen determinadas por el procedimiento de resincronización.

Todas las situaciones que comportan un cambio temporal en la secuencia de fases en un instante dado, ponen en marcha un proceso de resincronización. El problema de optimización se plantea buscando el camino más rápido para pasar desde un plan origen a un plan destino, generando un proceso transitorio.



**Figura 9. Ejemplo de resincronización**

Está ampliamente aceptado que en las áreas coordinadas, el criterio de "mínimo tiempo de cambio en la zona" es el que produce menor alteración en el tráfico (ver 5.4.6: Algoritmo en el regulador: método abrupto).

### 5.4.4 Validez genérica del algoritmo

El mismo algoritmo es aplicable tanto si se modifica solamente la velocidad de coordinación como si se cambia de estructura. En efecto, en puntos alejados del nudo de referencia, un cambio de desfase puede modificar la salida de fases tanto o más que un cambio completo de plan.

#### **5.4.5 Casos particulars**

La utilización del algoritmo no perjudica el comportamiento del cruce cuando los cambios son pequeños, puesto que la mayor parte de veces la transición óptima consistirá en una ligera modificación del tiempo de la fase en curso.

La resincronización de un cruce coordinado por hilos - sincronizado - es un caso particular de la situación general y se beneficia de la seguridad y rapidez del algoritmo.

#### **5.4.6 Algoritmo en el regulador: método abrupto**

En el regulador este procedimiento de resincronización en el mínimo tiempo posible, se denomina "método abrupto" y cumple las siguientes reglas:

- El paso de la situación de origen a la de destino debe tener la menor duración posible sin afectar a la seguridad. El regulador elaborará todas las opciones posibles eligiendo el camino más corto, teniendo en cuenta las transiciones entre fases definidas.
- El tiempo de verde de cualquier fase ha de respetar su valor mínimo programado.
- Ninguna fase dejará de aparecer durante un tiempo superior al ciclo mayor de los dos planes: actual y futuro, menos el tiempo mínimo de la fase.
- Puede darse la existencia de dos soluciones que lleven al mismo tiempo mínimo de implantación del nuevo plan: una por reducción de tiempos de verde, otra extendiendo las fases. Cuando exista doble solución, el regulador elegirá la extensión de fases.
- Si no existe ninguna transición definida entre fases del plan origen y destino, el regulador introducirá una transición automática. Esta situación generará una alarma específica.

### **5.5 Componentes de gestión del tiempo en el regulador**

El regulador deberá disponer de los siguientes componentes de gestión del tiempo:

- Reloj/calendario de hora legal, con actualización automática de horario de verano. Por defecto, el día y hora de cambio serán los actualmente establecidos por la CE, pero alternativamente podrán ser cargados desde el Centro de Control.

- Reloj astronómico, para el cálculo de los horarios de orto y ocaso que controlaran la desactivación y activación automática del *dimming*.
- Contadores de tiempo y generadores de intermitencia.

La base de tiempos para estos componentes la proporcionará un oscilador interno con una deriva máxima permitida de  $\pm 1$  s/d.

La puesta en hora se puede efectuar por 3 procedimientos:

- Orden específica prevista en el protocolo
- Reloj GPS (opcional)
- Receptor de señales horarias DCF77 (opcional)

Los relojes opcionales (GPS o en su caso DCF77) pondrán en hora al regulador al menos una vez al día y solamente cuando no exista Control Centralizado. Se asegura así la prioridad del Control Centralizado incluso para distribuir horas distintas.

El regulador deberá poder generar dos frecuencias de intermitencia:

- Intermitencia Rápida
- Intermitencia Lenta

El período de estas intermitencias vendrá determinado por una tabla:

<b>Tabla 15: Período de las intermitencias</b>	
Intermitencia Rápida	s,ds
Intermitencia Lenta	s,ds

La relación Encendido/Apagado será del 50%.

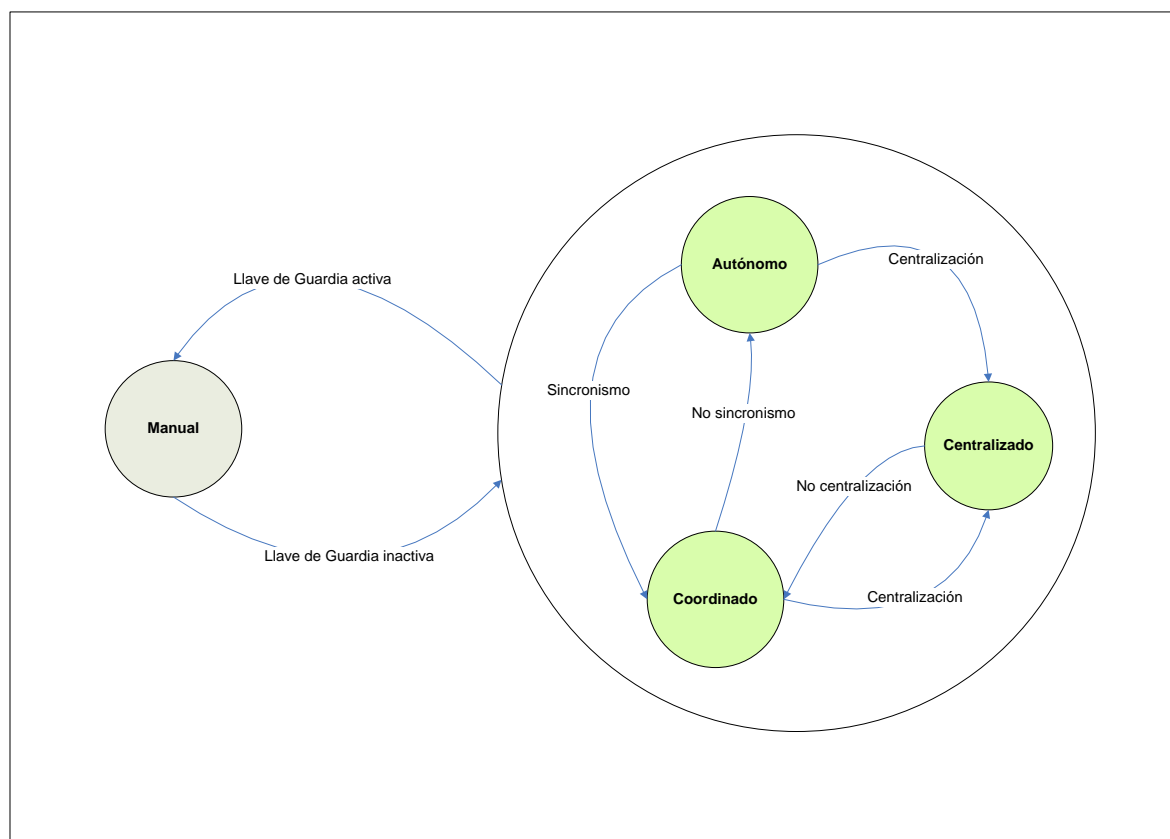
La resolución del período será de 0,2s. La tabla sólo admitirá fracciones de segundo pares, de modo que a los semiperíodos les corresponda siempre un número entero de décimas de segundo.

## 5.6 Métodos de control por el origen de las órdenes

Una vez en modo de control, el regulador puede operar utilizando uno de los métodos de control siguientes:

- Manual
- Autónomo
- Coordinado
- Centralizado

de acuerdo con el diagrama de estados de la Figura 10.



*Figura 10: Operación según origen del control*

El control **Manual** corresponde a la presencia de Llave de Guardia en cualquier posición activa (ver 4.10). Esta situación es prioritaria sobre las restantes.

El control **Autónomo** corresponde a la ausencia de señales de Sincronismo y de Centralización con independencia de la causa: falta de instalación, avería... En esta situación se utiliza el Reloj interno, la Tabla horaria y los Planes almacenados. La



posibilidad de disponer de reloj interno de gran precisión, mediante sincronización externa vía GPS o radio, permite la existencia de áreas coordinadas sin necesidad de cableado externo entre reguladores o con el Centro de Control.

El control **Coordinado** corresponde a la existencia de señal de Sincronismo y ausencia de Centralización. En este caso la coordinación es por señal de sincronismo. No se utiliza el reloj interno. Se emplea un plan predeterminado con estructura, desfase y tiempos de fase (= ciclo) definidos.

El control **Centralizado** corresponde a la existencia de señal de Centralización. El control remoto puede controlar todos los parámetros de regulación contemplados en el protocolo. Por ejemplo:

- Apagar el cruce
- Poner el cruce en Intermitente
- Pasar el cruce a planes almacenados
- Actualizar la hora del reloj
- Escribir un plan dinámico en memoria volátil en regulación por elaboración de planes
- Seleccionar una estructura y determinar desfase y ciclo por envío en tiempo real de órdenes de finalización de fases.
- Leer y escribir cualquiera de los parámetros almacenados en el regulador

## 5.7 Actuación por el tráfico y demandas externas

El regulador dispondrá de un módulo de *software* que le permitirá (en cada uno de los métodos de control descritos excepto el manual) funcionar, además, accionado por el tráfico, atendiendo a las entradas de detectores de vehículos y de pulsadores de peatones.

El regulador podrá disponer de un módulo de *software* opcional que le permitirá reaccionar a demandas externas de terminación inmediata de una fase, salvados los tiempos mínimos, y entrada en una fase o secuencia de fases especial (para dar prioridad a vehículos especiales, como autobuses, bomberos, etc.), de forma definida por el fabricante.

### 5.7.1 Tipos de fases definidas

En lo que se refiere a su **aparición**, una fase puede tener:

- Aparición **fija**, es decir, estará siempre presente dentro de un ciclo semafórico, con independencia de las condiciones exteriores.
- Aparición **condicionada**, es decir su existencia dependerá de la existencia o no de demanda.

En lo que se refiere a la **duración**, una fase puede tener:

- Duración **fija**, independiente de la demanda
- Duración **extensible**, en función de la demanda.

Estas características de aparición y duración pueden combinarse para dar origen a cuatro tipos diferentes de fase, tal cómo muestra la tabla siguiente:

Tabla 16: Tipos de fases			
		DURACIÓN	
		Fija	Extensible
APARICIÓN	Fija	Independiente (de las condiciones exteriores)	Fija con duración extensible (p. ej., detectores de vehículos)
	Condicionada a la demanda	Condicionada con duración fija (p. ej. pulsadores de peatones)	Condicionada con duración extensible (p. ej. detectores de vehículos)

### 5.7.2 Planes actuados

El hecho de que un plan sea actuado o no, depende de que incluya fases actuadas en su programación.

Existen múltiples soluciones para la implementación de un cruce actuado. La siguiente descripción es orientativa y describe un caso genérico.

Una fase con duración extensible queda determinada por los siguientes parámetros:

- Fase de salida fija (con o sin demanda)
- Extensión del verde mínimo por vehículo en espera en el propio movimiento
- Extensión por vehículo detectado
- Intervalo máximo entre detecciones para conceder extensión
- Reducción del intervalo por vehículo llegado en movimiento competidor
- Duración máxima total

### **5.7.3 Entradas para accionamiento**

El regulador aceptará las siguientes peticiones de actuación:

- Detectores de vehículos
- Pulsadores de peatones
- Órdenes específicas incluidas en el protocolo

Una misma fase puede estar condicionada por más de una demanda. En esta situación:

- Existirá una jerarquía de prioridades de demanda, de forma que una demanda de bomberos tendrá prioridad sobre una de tranvía, y ésta sobre una de peatones.
- El tiempo mínimo de seguridad utilizado será siempre el mayor de los presentes (Por ejemplo una extensión de vehículo de 2 s y una demanda de peatón de 3 s dará lugar a un tiempo mínimo de 3 s)

### **5.7.4 Secuencia de fases prioritaria**

Es una secuencia de fases, o fase única, con preferencia (autobuses, bomberos, etc.) sobre otras demandas. Se mantienen únicamente criterios de seguridad (verdes mínimos, incompatibilidades, etc.)

La demanda puede provenir de:

- Entrada local asignada
- Petición explícita externa (Por ejemplo, directiva *hurry-call* en el protocolo)

El regulador almacenará la programación de la secuencia prioritaria de fases, así como las transiciones necesarias.

Opcionalmente se podrá conectar la baliza de paso de vehículo a una entrada de detectores.

## **5.8 Alarmas**

### **5.8.1 Generación**

Las alarmas generadas por el regulador proceden de:

- 1) Circuitos de diagnóstico interno: Test de memoria, etc.
- 2) Integridad y corrección del funcionamiento del cruce: monitorización de salidas, comunicaciones...
- 3) Cambios de nivel de las entradas auxiliares, relacionadas en la Tabla 1.

### **5.8.2 Transmisión**

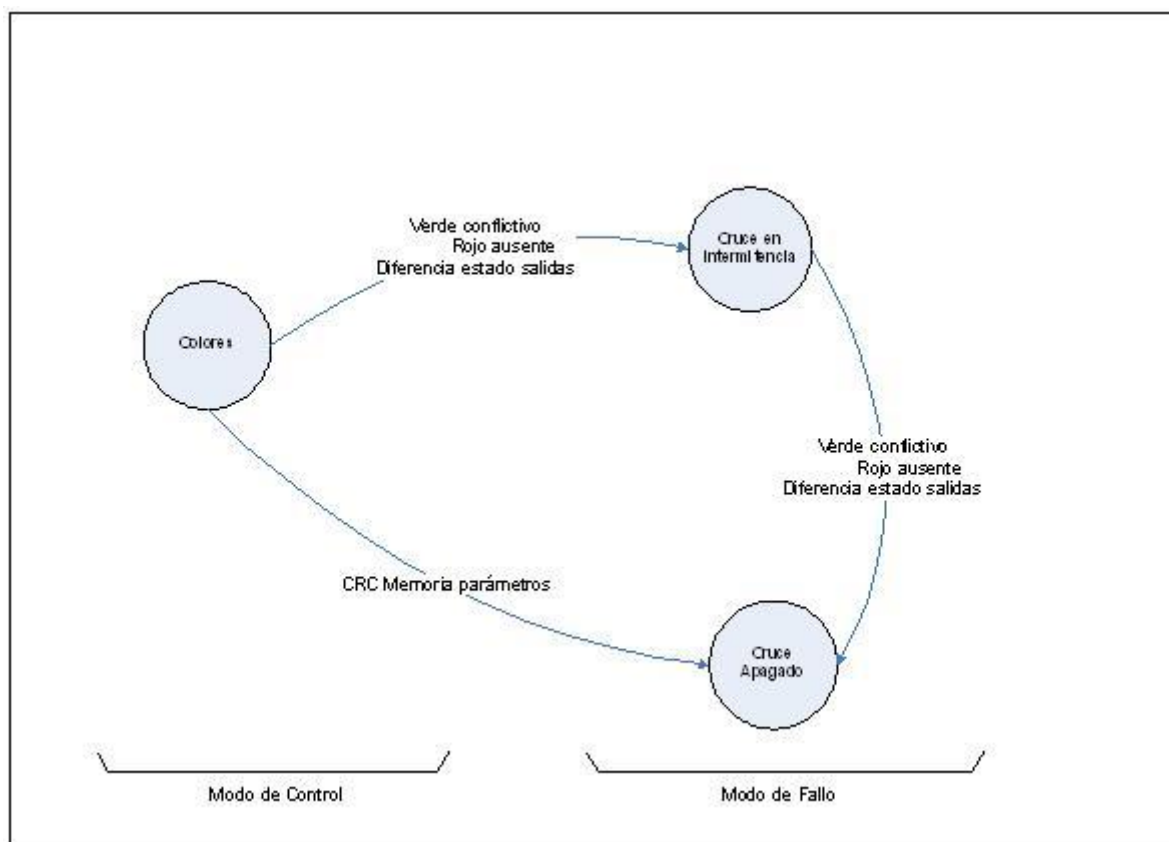
El regulador enviará asíncronamente un mensaje al Centro de Control cada vez que detecte una activación o desactivación de una alarma. A petición del Centro de Control el regulador enviará el estado actual de todas las alarmas. Esto permitirá efectuar un muestreo de baja frecuencia.

La gestión y codificación de las alarmas que genere el regulador se realizará de acuerdo con lo indicado en el protocolo de comunicaciones descrito en el ANEXO D.

### **5.8.3 Reacción del regulador**

A la entrada en servicio el regulador identificará la existencia de alarmas. Solo pasará a modo de control si no existe ningún fallo mayor. En caso contrario pasará a modo de fallo.

La reacción ante una alarma en cada una de las situaciones de control está descrita en la Figura 11.



**Figura 11. Cambio de estado por presencia de alarmas**

## 5.9 Tratamiento de las salidas

### 5.9.1 Estado general de las salidas

Las salidas del regulador pueden tener cuatro estados lógicos generales descritos en la siguiente tabla:

**Tabla 17: Estado de las salidas**

Apagado	Se da orden de apagado a todos los grupos. Este estado es independiente de la desconexión física de alimentación de lámparas
Cruce en intermitente	Se apagan todos los colores exceptuando los de ámbar de vehículo y protección de peatones, que estarán en intermitencia
Colores con luminosidad atenuada	Se aplica a cada grupo el color de acuerdo con la regulación en curso. La tensión de salida corresponde a la establecida para luminosidad atenuada.
Colores con luminosidad plena	Se aplica a cada grupo el color de acuerdo con la regulación en curso. La tensión de salida corresponde a la establecida para luminosidad plena.

## 5.9.2 Cambio de estado

El estado general de las salidas puede ser modificado por:

- Secuencia de puesta en servicio
- Llave de guardia en posición "Intermitencia"
- Orden directa externa (protocolo)
- Altura del Sol (Reloj astronómico)
- Situaciones de alarma específicas

## 5.9.3 Luminosidad atenuada (Dimming)

El regulador tendrá la capacidad de atenuar la intensidad luminosa de los semáforos, modificando la tensión de las salidas.

El mecanismo de activación y desactivación de la luminosidad reducida será configurable, existiendo como mínimo las siguientes opciones:

- Activación/desactivación remota desde el Centro de Control
- Activación/desactivación local controlada por el reloj astronómico y la altura del Sol definida.
- Activación de la luminosidad plena en caso de caída de las comunicaciones.
- Activación de la luminosidad reducida en caso de entrada en servicio del SAI en modo local, de acuerdo con su configuración. Esta opción es prioritaria frente a la caída de comunicaciones.

#### 5.9.4 Calibrado

A partir de una orden dada por el teclado local, el regulador activará una sesión de calibrado durante la cual se grabarán en una tabla los consumos típicos del cruce durante un ciclo completo de funcionamiento. En caso necesario, los valores de esta tabla podrán ser modificados desde el teclado local del regulador.

El procedimiento de calibrado ha de tener en cuenta los diferentes valores de consumo según esté o no activo el *dimming*. De esta forma el regulador detectará fallo de la unidad óptica, con y sin *dimming*.

Igualmente, en aquellos cruces que cuenten con el sistema de aviso acústico para personas invidentes será necesario tener en cuenta otros valores de consumo normal. El calibrado de los grupos de peatones se hará con la placa en reposo y los excesos de consumo que se produzcan al ponerse en funcionamiento la señal acústica deberán ser filtrados.

#### 5.9.5 Detección de anomalías

##### 5.9.5.1 Fallo de unidad óptica

Durante su operación en Modo de Control, el regulador medirá el consumo de cada salida y comparará los valores medidos con los valores patrón registrados. Si la discrepancia entre ambos valores es superior a un margen establecido desde el Centro de Control, se generarán alarmas por falta o exceso de consumo. Esto permitirá la detección de LEDs fuera de servicio.

NOTA

##### **Símbolos especiales**

*Se parte del supuesto de que los símbolos especiales (flechas, peatones, etc. ) se obtendrán mediante superposición de máscaras a focos estándar, por las razones siguientes:*

- a) *Reducción del número de referencias de piezas de recambio*
- b) *Sustitución de una larga casuística de qué hacer con cada símbolo cuando fallan determinados LED's por un comportamiento genérico en caso de avería.*
- c) *La tecnología de LED's progresa hacia un iluminador central de gran rendimiento que dejará obsoletos los símbolos hechos con piezas discretas.*
- d) *La homogenización de consumos hace que la detección de unidad óptica fuera de servicio sea mucho más fiable.*

### 5.9.5.2 Movimientos incompatibles

#### 5.9.5.2.1 Definición

La tabla siguiente presenta un modelo de definición de movimientos incompatibles:

<b>Tabla 18: Movimientos incompatibles</b>											
Salida	1	2	3	4	5	6	7	8	...	...	32
1		0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
2	0/1		0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
3	0/1	0/1		0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
4	0/1	0/1	0/1		0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
5	0/1	0/1	0/1	0/1		0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
6	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1		0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
7	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1		0/1	0/1	0/1	0/1
8	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1		0/1	0/1	0/1
...	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1		0/1	0/1
...	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1		0/1
32	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	

El contenido de cada una de las celdas de la matriz de incompatibilidades puede ser:

- Movimiento permitido (0)
- Movimiento no permitido (1)

Por defecto, todas las celdas de la tabla tienen el valor de movimiento permitido. Para que el cruce entre en colores se deberá programar al menos un movimiento no permitido.

Si se programa en el regulador una incompatibilidad entre una pareja de grupos pero no en su recíproca (por ejemplo, la incompatibilidad entre el grupo 1 y el 4, pero no entre el 4 y el 1), el regulador incorporará ambas a la matriz de incompatibilidades (matriz simétrica).

La tabla de movimientos incompatibles estará protegida ante alteraciones accidentales. Para modificar el contenido de la tabla, existirá un procedimiento de acceso restrictivo, que creará además un registro de intervenciones.



La norma UNE 135401-1 establece que el tiempo transcurrido entre la detección de un fallo y el cambio a un estado seguro de funcionamiento debe ser inferior a 500 ms. (clase AG5). La actuación exigida ante la detección de incompatibilidades queda dentro de esta directiva.

#### *5.9.5.2.2 Vigilancia de verdes conflictivos*

El regulador no permitirá la ejecución de órdenes que signifiquen la salida de verde para movimientos incompatibles.

El regulador deberá poder detectar cualquier situación de verde-verde para movimientos incompatibles, y en este caso, entrará en modo de fallo, dentro de los márgenes de tiempo previstos por la norma, enviará una alarma y pondrá el cruce en intermitente o apagado, de acuerdo con la acción programada.

#### *5.9.5.3 Rojo ausente*

El regulador deberá poder detectar cualquier situación efectiva de rojo ausente, y en este caso, entrará en modo de fallo, dentro de los márgenes de tiempo previstos por la norma, enviará una alarma y pondrá el cruce en intermitente o apagado, de acuerdo con la acción programada.

#### *5.9.5.4 Diferencia en salidas a grupos*

El regulador comprobará que las lecturas proporcionadas por los circuitos de comprobación de las salidas, coinciden con las órdenes dadas a los grupos.

Cuando se detecte una situación de diferencia entre órdenes de grupo y lecturas, el regulador entrará en modo de fallo, dentro de los márgenes de tiempo previstos por la norma, enviará una alarma y pondrá el cruce en intermitente o apagado, de acuerdo con la acción programada.

#### *5.9.5.5 Medida de la corriente diferencial por grupos (Opcional)*

El regulador efectuará una medida continua de las corrientes diferenciales por grupo y enviará una alarma cuando la fuga de un grupo supere un determinado valor parametrizable.

## **5.10 Tratamiento de las entradas digitales**

### **5.10.1 Entradas de los detectores**

El regulador leerá el estado de las entradas dedicadas a los detectores cada 10 mseg. y almacenará, para cada ciclo semafórico y para cada uno de los detectores, los valores medios durante la última hora de las variables medidas siguientes:

- Volumen (Número total de vehículos por ciclo)
- Ocupación de carril (Porcentaje de ocupación)

y de las variables calculadas:

- Intensidad (número de vehículos por hora)

En base a la información almacenada, el regulador ha de poder dar:

- Valores medios de las variables entre todos los ciclos acabados en los últimos N minutos (aviso en caso de que no haya acabado ningún ciclo durante este período)
- Valores medios de las variables durante los últimos N ciclos.
- Valor de detección de los últimos N segundos.

El regulador ha de poder suministrar también el valor de la lectura instantánea de todas las entradas correspondientes a detectores.

### **5.10.2 Entradas auxiliares**

Las entradas auxiliares serán tratadas como alarmas del sistema (Ver 5.8)

## **5.11 Programación**

El regulador se podrá programar:

- Desde un terminal, compuesto por teclado y display conectados localmente, de forma que se puedan enviar y recibir caracteres ASCII y visualizarlos.
- Desde el Centro de Control, utilizando las mismas órdenes que en modo local, pero con el encapsulamiento explicitado en el protocolo más el propio del TCP/IP.

Para modificar la programación del regulador existirá un sistema de control de acceso de usuario, que además creará un registro de usuarios que hayan accedido. Los códigos de acceso serán autoverificables y particulares para cada usuario.

Todas las modificaciones de configuración quedarán almacenadas en una memoria temporal, hasta que se reciba una orden de anulación o de validación:

- Al recibir una orden de anulación, el regulador borrará el contenido de la memoria temporal.
- Al recibir una orden de validación, el regulador procederá a analizar la coherencia de los datos almacenados. Si son correctos, la configuración pasará a la memoria definitiva, y se enviará un mensaje de aceptación al Centro de Control y al terminal de programación en caso que esté conectado. En caso contrario, se informará al operador de los errores de configuración detectados, y se mantendrá la programación anterior.

En caso que después de efectuar las modificaciones no llegase la orden de validación en un intervalo de tiempo determinado, el regulador generará una alarma y borrará el contenido de la memoria temporal.

## **5.12 Prioridad transporte público**

El regulador deberá permitir la incorporación de prioridad para el transporte público, tanto autobuses como tranvías (ver 5.7: Actuación por el tráfico y demandas externas). La gestión de prioridad del transporte público deberá ser compatible con la gestión de *hurry calls*.

## **5.13 Corredores de bomberos**

El regulador deberá permitir la incorporación de secuencias de emergencia que den prioridad a corredores de bomberos, a petición del Centro de Control mediante *hurry-call*.

La secuencia de emergencia se define desde el Centro de Control, y puede estar formada por varias fases, siendo una de ellas la fase de emergencia propiamente dicha, de duración indefinida.

El regulador activará la secuencia de emergencia a petición del Centro de Control, e incluirá automáticamente la transición de entrada, en función del color actual y el color de la fase de emergencia.

El regulador desactivará la secuencia de emergencia cuando detecte el paso del vehículo mediante la señal procedente de la baliza o cuando reciba la orden correspondiente desde el Centro de Control.

Una vez finalizada la secuencia de emergencia, el regulador regresa al plan que estaba ejecutando, introduciendo una transición automática, y generará un aviso de fin de alarma de *hurry call*.

Tanto la transición de entrada como la de salida respetarán siempre los tiempos mínimos establecidos.

#### **5.14 Compatibilidad con equipos existentes**

El regulador local será compatible con los sistemas de regulación y comunicación instalados actualmente en Barcelona y conectados al Centro de Control.

El protocolo de comunicaciones con el Centro de Control será el protocolo B.

## 6 Interfases definidas

### 6.1 Interfaz con el semáforo

En la actualidad, la CENELEC está en proceso de adaptar de la normativa europea a las señales de tráfico de LEDs, tomando inicialmente como referencia la interfaz OCIT (*Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems*) propuesta por el consorcio alemán ODG, y la que ASTRIN (*Associations of Traffic Industries in the Netherlands*) ha definido para los Países Bajos. Esta nueva normativa surge de la necesidad de tratar características técnicas específicas de los semáforos de LEDs que no están descritas en los estándares disponibles actualmente, y tiene como principal objetivo el establecimiento de un conjunto mínimo de requisitos que permita la verificación independiente de reguladores y semáforos. De esta forma se podrá garantizar la interoperabilidad de los productos que cumplan la nueva normativa, aunque provengan de suministradores diferentes.

El grupo de trabajo español ha presentado a CENELEC una nueva propuesta, tomando como base la normativa ASTRIN, pero con pequeñas variaciones, relativas especialmente a los umbrales de tensión admisibles.

En el ANEXO A se presentan los requisitos de la interfaz regulador – semáforo, tomando como base la propuesta española a CENELEC.

Teniendo en cuenta los valores definidos por esta interfaz, será preciso que:

- El regulador sea capaz de proporcionar a su salida una tensión de 42VAC (+15%, -20%) en el caso de iluminación plena y 25VAC (+15%, -20%) en caso de iluminación atenuada.
- El instalador dimensione adecuadamente los cables de la instalación, para evitar una caída de tensión superior al 5%, teniendo en cuenta los consumos máximos definidos en el ANEXO A, un máximo de 5 focos por color y la posibilidad de encender 2 colores simultáneamente en cada grupo.

### 6.2 Interfaz con el Centro de Control y el dispositivo portátil

El regulador se comunicará:

- Con el Centro de Control a través de una red Ethernet con protocolo TCP/IP

- Con un dispositivo portátil a través de un puerto RS232.

Los dos medios de comunicación utilizarán el mismo intérprete de comandos.

Todos los mensajes que intercambie el regulador con el dispositivo de mantenimiento serán idénticos a los intercambiados entre regulador y Centro de Control, con independencia del hecho de que en el caso de las comunicaciones con el Centro de Control los mensajes se transmitirán con el encapsulamiento explicitado en el protocolo más el propio del TCP/IP. Además, existirán mensajes adicionales en formato binario entre el regulador y el Centro de Control.

En general, el protocolo de comunicaciones permitirá:

- La introducción en el regulador, tanto desde el Centro de Control como desde el dispositivo portátil, de todos los datos y parámetros necesarios para definir la regulación del cruce. El regulador ha de disponer de un sistema de comprobación de errores en las órdenes entrantes, con el objeto de rechazar las que contienen datos erróneos y, especialmente, una comprobación de aquellos errores o fallos en los datos que puedan ocasionar problemas de seguridad en la intersección (incompatibilidades, estructura de fases, tiempos mínimos, etc.)
- La transmisión en modo asíncrono, desde el regulador al Centro de Control, de todas las alarmas que se generen.
- El establecimiento remoto del modo de funcionamiento y los métodos de control del regulador, y la carga de planes externos.
- La consulta del estado del regulador, tanto desde el Centro de Control como desde el dispositivo portátil: estado de las entradas auxiliares, datos de los detectores, estado de las salidas, alarmas activas, registro histórico de alarmas

El protocolo de comunicaciones se encuentra descrito detalladamente en el ANEXO D del presente documento.

## **ANEXO A INTERFAZ REGULADOR-SEMÁFORO**

Las tablas siguientes presentan los requisitos de la interfaz regulador – semáforo, tomando como base la propuesta española a CENELEC. Las tablas presentan los valores de las principales magnitudes en las condiciones de trabajo siguientes:

- Operación en estado estable
- Procedimiento de conexión (iluminación de semáforos)
- Procedimiento de desconexión (apagado de semáforos)

**Tabla 19: Condiciones de operación en estado estable. Datos a semáforo**

Propiedad	Definición	Unidad	Dimensión	Umbral	Valor
Tensión de funcionamiento con luminosidad plena (de la unidad óptica)	Tensión eficaz a la entrada de la unidad óptica con la que la intensidad luminosa corresponde a la clase indicada en la norma EN 12368	$U_{IN(nom)}$	$V_{AC}$	Nominal	42
		$U_{IN(min)}$		Mínima	31
		$U_{IN(max)}$		Máxima	50
Tensión de funcionamiento con luminosidad reducida	Tensión eficaz a la entrada de la unidad óptica con la que la intensidad luminosa corresponde a los niveles deseados para operar con luminosidad reducida ( <i>dimming</i> )	$U_{IN}$ ( <i>dimmed</i> )	$V_{AC}$	Mínima	18
				Nominal	25
				Máxima	29
Corriente de funcionamiento	Valores eficaces (rms) de la corriente de funcionamiento en el rango de tensiones $U_{ON} - U_{IN(max)}$ con la unidad óptica encendida y en estado estable	$I_{IN}$	mA	Mínima	184
				Máxima	485
Distorsión armónica total	Relación entre la potencia de los armónicos por encima de la frecuencia fundamental y la potencia de la frecuencia fundamental	THD	%	Máxima	33%
Consumo a la tensión nominal de funcionamiento	Consumo de la unidad óptica a la tensión nominal $U_{IN}$	$P_{IN(nom)}$	W	Mínimo	7
				Máximo	15
Factor de potencia ( $\cos \varphi$ )	Valor absoluto del cociente entre la corriente de entrada del primer armónico y la corriente de entrada total, según EN 61000-3-2, Clase C tanto en Modo de Control como en Modo de Fallo	$\lambda$	[1]	Mínimo	0,9



**Tabla 20: Procedimiento de conexión (iluminación). Datos a semáforo**

Propiedad	Definición	Unidad	Dimensión	Umbral	Valor
Intervalo de conexión (corriente)	Intervalo de tiempos desde la aplicación de la tensión de funcionamiento hasta que la corriente de entrada supera la corriente mínima de funcionamiento	$T_{SET}$ (corriente)	ms	Máximo	20
Intervalo de conexión (luz)	Intervalo de tiempos desde la aplicación de la tensión de funcionamiento hasta que la intensidad luminosa de la unidad óptica alcanza los niveles definidos por EN:12368	$T_{ON}$ (luz)	ms	Máximo	50
Tensión de conexión	Tensión de funcionamiento a partir de la cual la unidad óptica suministra una intensidad luminosa de 10 cd (se considera encendida)	$U_{ON}$	$V_{AC}$	Mínimo	15
				Máximo	18
Intervalo de sobrecorriente transitoria de conexión	Intervalo de tiempos desde la aplicación de la tensión de funcionamiento hasta que la corriente se estabiliza dentro de unos determinados márgenes de corriente de funcionamiento ( $80\% < I_{IN} < 120\%$ )	$T_{ON}$ (corriente)	ms	Máximo	100
Sobrecorriente de conexión	Valor máximo admisible de la corriente de conexión $I_{ON}$ durante el período $T_{ON}$	$I_{ON}$	mA	Máximo	1000

**Tabla 21: Procedimiento de desconexión. Datos a semáforo**

Propiedad	Definición	Unidad	Dimensión	Umbral	Valor
Intervalo de desconexión (luz)	Intervalo de tiempo desde la eliminación de la tensión de funcionamiento hasta que la intensidad luminosa de la unidad óptica baja por debajo de las 0,05 cd (nivel considerado apagado)	$T_{OFF}$ (luz)	ms	Máximo	50
Tensión de desconexión	Tensión de funcionamiento por debajo de la cual la unidad óptica suministra una intensidad luminosa inferior a 0,05cd (se considera apagada)	$U_{OFF}$	$V_{AC}$	Mínimo	15
				Máximo	18
Ratio de tensión residual	Relación entre la tensión residual medida en la unidad óptica y la tensión de funcionamiento nominal, al cabo de un intervalo de tiempo específico (50 ms) después de la eliminación de la tensión nominal de funcionamiento.	$U_{REV} / U_{IN(nom)}$	%	Máximo	10

## ANEXO B GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

### B.1 - Glosario

Tabla 22: Glosario		
Nombre	Definición	Comentarios
Cabeza semafórica <i>Signal head</i>	Parte de un semáforo consistente en una armadura donde se ha montado todo el dispositivo de señalización luminosa.	
Cabezal de semáforo <i>Signal head</i>		Ver <i>Cabeza semafórica</i>
Cara de semáforo <i>Signal face</i>		Ver <i>Unidad óptica</i>
Ciclo (semafórico) <i>Cycle</i>	Secuencia completa de indicaciones de un conjunto de semáforos gobernados por el mismo regulador de tráfico.	
Color	Cada una de las 3 salidas independientes de un mismo grupo	
Coordinación de semáforos <i>Traffic signal coordination</i>	Regulación semafórica en un itinerario o en una red viaria, en la cual las indicaciones de los semáforos están relacionadas entre sí	
Control semafórico accionado por el tráfico <i>Traffic-actuated signal control</i>	Sistema de control semafórico de ciclo variable en el cual los ciclos y las fases varían de acuerdo con la demanda del tráfico registrada por detectores o por la actuación de pulsadores de contacto.	
Control semafórico accionado por los peatones <i>Pedestrian-actuated signal control</i>	Sistema de control semafórico de ciclo variable mediante un pulsador de contacto que los peatones pueden apretar para hacer cambiar la indicación de un semáforo.	
Control semafórico de ciclo fijo <i>Fixed-time signal control</i>	Sistema de control semafórico en que la duración de las fases es fija y las indicaciones se suceden alternativamente a intervalos constantes.	
Control semafórico de ciclo variable	Sistema de control semafórico en que la duración de las fases varía de acuerdo con las necesidades del	La regulación del ciclo se puede hacer por medio de

**Tabla 22: Glosario**

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Comentarios</b>
<i>Variable-time signal control</i>	tráfico.	relojes, detectores, desde una sala de control, etc.
Detector <i>Detector</i>	Dispositivo que sirve para descubrir la presencia de un fenómeno físico, una circunstancia, un parámetro, etc., que afecta la circulación	
Estructura	Secuencia prefijada de fases principales	
Diagrama de fases <i>Phase diagram</i>	Representación gráfica del esquema de funcionamiento de los movimientos de vehículos y peatones en una intersección regulada por semáforos.	
Estructura	Secuencia de fases estables	
Fase <i>Phase</i>	Estado de una intersección regulada por semáforos en la cual están permitidos una serie de movimientos compatibles entre sí.	
Fase principal	Corresponde a aquellos intervalos o fases que representan un estado estable de adjudicación de tiempos de uso de la intersección a unos movimientos de tráfico	Corresponde al tiempo de verde de acceso a una intersección;
Fase saturada <i>Saturated phase</i>	Fase en la que el número de vehículos que quiere pasar una intersección durante el tiempo de verde es mayor que el número de vehículos que puede hacerlo.	
Fase secundaria	Corresponde a los estados intermedios necesarios como transición entre las fases principales..	Corresponde a los tiempos de seguridad
Fase transitoria		<i>Ver Fase secundaria</i>
Grupo semafórico <i>Signal group</i>	Conjunto de semáforos que controlan un movimiento independiente de vehículos o peatones, y en los que coincide siempre el mismo estado de color.	
Indicación de semáforo <i>Signal indication</i>	Luz que emite un semáforo, de un color o de más de uno simultáneamente, que sirve para dar o prohibir el paso a vehículos y peatones.	

**Tabla 22: Glosario**

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Comentarios</b>
Intervalo semafórico <i>Signal interval /Signal stage</i>	Periodo de tiempo durante el cual todas las indicaciones de un grupo de semáforos son constantes.	
Línea de detención <i>Stop line</i>	Marca vial transversal consistente en una línea blanca de trazo continuo que ningún vehículo ni su carga puede atravesar mientras se mantenga la obligación de detenerse impuesta por una señal de stop, un paso de peatones, un paso a nivel, un semáforo o una señal de un agente de circulación.	
Luminosidad atenuada <i>Dimming</i>	Reducción de la intensidad luminosa proporcionada por una unidad óptica basada en LEDs que se obtiene al aplicarle una tensión comprendida entre el 65% y el 75% de la tensión nominal correspondiente a la luminosidad plena.	
Luminosidad plena	Intensidad luminosa de una unidad óptica basada en LEDs que se obtiene al aplicarle la tensión nominal de funcionamiento.	
Macrorregulación <i>Area control / Macrocontrol / Strategic control</i>	Método de regulación del tráfico que considera las condiciones medias del tráfico en periodos largos y en un área amplia con el fin de asegurar la estabilidad de las actuaciones de gestión del tráfico y establecer la coordinación de semáforos adecuada.	
Microrregulación/ Regulación táctica <i>Tactical control</i>	Método de regulación del tráfico que considera la circulación individual de vehículos, generalmente en una intersección o en periodos cortos, y que adapta la coordinación de semáforos para responder a una situación inmediata.	
Onda verde <i>Green wave</i>	Resultado de un sistema progresivo de coordinación de semáforos que permite a un vehículo recorrer todo un trayecto regulado semafóricamente sin tener que detenerse.	
Plan semafórico <i>Traffic signals program</i>	Conjunto de la duración del ciclo, el orden de desarrollo de las fases y los desfases necesarios en una intersección, un itinerario o una red de funcionamiento de semáforos.	

**Tabla 22: Glosario**

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Comentarios</b>
Regulación semafórica  <i>Traffic signal control</i>	Regulación del tráfico mediante el uso de semáforos	
Regulador semafórico  <i>Traffic signal controller</i>	Dispositivo que gobierna los cambios de luces de un conjunto de semáforos controlando el paso de los diversos flujos de circulación de vehículos o de peatones.	
Semáforo  <i>Traffic light/Traffic signal</i>	Aparato de señalización luminosa para regular la circulación de vehículos y peatones, especialmente en núcleos urbanos	
Semáforo de preseñalización	Semáforo con dos luces ámbar intermitentes que avisa los conductores de la presencia de un semáforo a la próxima intersección.	
Semáforo sonoro	Semáforo para peatones que emite señales sonoras para que las personas invidentes puedan identificar la fase en que se encuentra	Las señales sonoras pueden ser <i>bips</i> de diferente frecuencia según la fase o mensajes hablados que den, además, alguna otra información.
Señal no deseada	Señal no querida cuya intensidad luminosa no cumple con los requisitos de señal "apagada"	
Tiempo de espera/Tiempo de parada  <i>Delayed time/Stop time/Waiting time</i>	Intervalo de tiempo durante el cual una unidad de tráfico tiene que esperarse en un semáforo rojo o ante un obstáculo antes de poder continuar la marcha.	
Tiempo muerto  <i>Lost time</i>	Tiempo durante el cual todos los semáforos de una intersección tienen encendida sólo la luz roja.	
Todo rojo  <i>All-red period</i>	Situación en que todos los semáforos de una intersección tienen encendida sólo la luz roja.	

**Tabla 22: Glosario**

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Comentarios</b>
Transición	Secuencia de fases secundarias entre dos fases principales	
Unidad óptica <i>Signal face</i>	Ensamblado de componentes (juego de lentes, bombillas, etc.,) diseñado para producir una luz, con un tamaño nominal, un color, una intensidad óptica y una forma específicos.	

## B.2 - Acrònims

<i>Tabla 23: Acrònims</i>	
GMT	Greenwich Mean Time
GPS	Global Positioning System
SAI	Sistema de alimentación ininterrumpida
USB	Universal Serial Bus
LED	Light Emitting Diode
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
OCIT	Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems
ODG	OCIT Developer Group
ASTRIN	Association of Traffic Industries in the Netherlands



## ANEXO C NORMATIVAS DE REFERENCIA

- [1] UNE-HD 638 S1:2001  
*Sistemas de señalización del tráfico viario*
- [2] UNE 135401-1 EX  
*Equipamiento para la señalización vial – Reguladores de tráfico*  
*Parte 1: Características funcionales*
- [3] UNE 135401-2 EX  
*Equipamiento para la señalización vial – Reguladores de tráfico*  
*Parte 2: Métodos de prueba*
- [4] UNE 135401-3  
*Equipamiento para la señalización vial – Reguladores de tráfico*  
*Parte 3: Características eléctricas*
- [5] UNE 135401-5 IN  
*Equipamiento para la señalización vial – Reguladores de tráfico*  
*Parte 4: Protocolo de comunicaciones, tipo V*
- [6] UNE 135401-6  
*Equipamiento para la señalización vial – Reguladores de tráfico*  
*Compatibilidad electromagnética*
- [7] UNE-EN 12675:2001  
*Semáforos. Requisitos funcionales de seguridad*
- [8] UNE-EN 50293:2001  
*Compatibilidad electromagnética*  
*Sistemas de señalización del tráfico por carretera*

***Norma de producte***

[9] UNE-EN 60068-2-64

***Ensayos ambientales***

***Parte 2: Métodos de ensayo***

***Ensayo Fh: Vibración aleatoria de banda ancha (control digital) y guía***

[10] EN 50102:1995

***Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)***

[11] EN 60068-2-75

***Ensayos ambientales.***

***Parte 2: Ensayos. Ensayo Eh: Ensayos de martillos***

[12] EN 60259:1991

***Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP)***

[13] UNE 20324 Erratum

***Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP)***

[14] EN 60068-2-2:1993

***Ensayos ambientales***

***Parte 2: Ensayos***

***Ensayo B: Calor seco***

[15] EN 60068-2-1:1993

***Ensayos ambientales***

***Parte 2: Ensayos***

***Ensayo B: Frío***

- 
- [16] EN 60068-2-30:1999  
**Ensayos ambientales**  
**Parte 2: Ensayos**  
**Ensayo Db y guía: Ensayo cíclico de calor húmedo (ciclo de 12+12 horas)**
- [17] EN 60068-2-5:1999  
**Ensayos ambientales**  
**Parte 2: Ensayos**  
**Ensayo Sa: Radiación solar artificial al nivel de la superficie terrestre**
- [18] UNE 20460-5-54:1990  
**Instalaciones eléctricas en edificios. Elección e instalación de los materiales eléctricos. Puesta a tierra y conductores de protección**
- [19] CEI 60536  
**Clasificación de los equipos eléctricos y electrónicos respecto a la protección contra choques eléctricos**
- [20] CEI 60-1  
**Técnicas de ensayo de alta tensión**  
**Parte 1: Definiciones y prescripciones generales relativas a los ensayos**
- [21] UNE-EN 61008-1:1996  
**Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual, sin dispositivo de protección contra sobreintensidades, para usos domésticos y análogos (ID)**
- [22] UNE-EN 55022  
**Equipos de tecnología de la información**

***Características de las perturbaciones radioeléctricas***

***Límites y métodos de medida***

[23] UNE-EN 55014

***Compatibilidad electromagnética***

***Requisitos para aparatos electrodomésticos, herramientas***

***eléctricas y aparatos análogos***

***Parte 1: Emisión***

[24] UNE-EN 61000-4-2

***Compatibilidad electromagnética***

***Parte 4: Técnicas de ensayo y medida***

***Sección 2: Ensayos de inmunidad a las descargas electrostáticas***

***Norma básica de CEM***

[25] UNE-EN 61000-4-3

***Compatibilidad electromagnética***

***Parte 4-3: Técnicas de ensayo y medida***

***Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia***

[26] UNE-EN 61000-4-4

***Compatibilidad electromagnética***

***Parte 4: Técnicas de ensayo y medida***

***Sección 4: Ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas***

[27] UNE-EN 61000-4-5

***Compatibilidad electromagnética***

***Parte 4: Técnicas de ensayo y medida***

***Sección 5: Ensayos de inmunidad a las ondas de choque***

[28] UNE-EN 61000-4-6

***Compatibilidad electromagnética***

***Parte 4: Técnicas de ensayo y medida***

***Sección 6: Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por campos de radiofrecuencia***

[29] UNE-EN 61000-4-8

***Compatibilidad electromagnética***

***Parte 4: Técnicas de ensayo y medida***

***Sección 8: Ensayo de inmunidad a los campos magnéticos a la frecuencia industrial***

***Norma básica de CEM***

[30] UNE 21308-1:1994

***Ensayos en alta tensión.***

***Parte 1: definiciones y prescripciones generales relativas a los ensayos***

[31] HD 588.1 S1:1991

***High-voltage test techniques***

***Part 1: General definitions and test requirements***

[32] UNE-EN 60950-1:2003

***Equipos de tecnología de la información. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales***

[33] UNE-EN 61000-3-2:2001

***Compatibilidad electromagnética (CEM).***

***Parte 3-2: Límites.***

***Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada  $\leq 16$  A por fase).***

[34] UNE-EN 61000-3-3:1997

***Compatibilidad electromagnética (CEM).***

***Parte 3: Límites.***

***Sección 3: Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente de entrada  $\leq 16$  A por fase y no sujetos a una conexión condicional.***

[35] ORDENANZA GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE URBANO

***Título III. Contaminación acústica***

## **ANEXO D PROTOCOLO DE COMUNICACIONES**